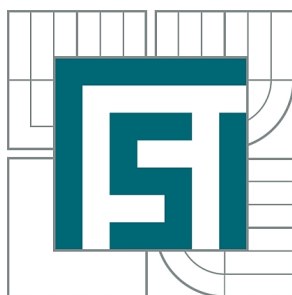




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁVRH VÝROBNÍ TECHNOLOGIE FDM TISKOVÉ HLAVY

CREATION OF PRODUCTION TECHNOLOGY FOR FDM PRINT HEAD

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. MICHAL TALAFA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. OSKAR ZEMČÍK, Ph.D.

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Michal Talafa

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie a průmyslový management (2303T005)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Návrh výrobní technologie FDM tiskové hlavy

v anglickém jazyce:

Creation of production technology for FDM print head

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Návrh výrobní technologie zadané tiskové hlavy. Práce zahrnuje posouzení technologičnosti konstrukce jednotlivých dílů tiskové hlavy. Návrh výrobních postupů pro malosériovou výrobu jednotlivých dílů a návrh montážního postupu tiskové hlavy.

Cíle diplomové práce:

- úvod do problematiky
- posouzení technologičnosti konstrukce
- návrh výrobních postupů
- návrh montážního postupu
- technicko-ekonomické zhodnocení

Seznam odborné literatury:

1. ZEMČÍK, Oskar. Technologická příprava výroby. Brno : CERM, 2002. 158 s. ISBN 80-214-2219-X.
2. MÁDL, J. KAFKA, M. DVOŘÁK, J. Technologie obrábění. Praha : ČVUT, 2007. 252 s. ISBN 978-80-01-03752-2.
3. HUMÁR, Anton. Materiály pro řezné nástroje. 1. Praha : MM publishing, 2008. 235 s. ISBN 978-80-2542250-2.
4. TIMINGS, R.L. WILKINSON, Steve. Manufacturing technology : Volume 2. 2. Edinburgh Gate : Pearson Education, 2000. 432 s. ISBN 0-582-357977.
5. ZEMČÍK, Oskar DVOŘÁČEK, Jan. A Distribution of Temperature Field in the FDM Printhead. In NEWTECH 2011 : The International Conference NEWTECH 2011 on Advanced Manufacturing Engineering. Brno : Litera, 2011. s. 115-119. ISBN 978-80-214-4267-2.
6. HECHT, Jeff. Dawn of the self-replicating machine. The New Scientist. 2008, 198, 2659, s. 28. ISSN 0262-4079.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Oskar Zemčík, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012.

V Brně, dne 1.11.2011

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Práce je zaměřena na návrh výrobní technologie pro kusovou a sériovou výrobu FDM tiskové hlavy. Výroba bude zasazena do soukromé firmy Pevot produkt, s.r.o. Pro výrobu budou tedy využívány stroje, nástroje a technologie, které společnost běžně využívá. Na základě vypracovaných výrobních postupů bude spočítána cena této tiskové hlavy a porovnána s cenou podobného výrobku běžně dostupného na internetu. Po porovnání se může společnost rozhodnout, jestli bude danou sestavu sama vyrábět a nabízet na trhu.

Klíčová slova

obrábění, tisková hlava, náklady, kusová výroba, sériová výroba

ABSTRACT

The thesis is focused on the creation of production technology for unit and series production for FDM print head. Production will be set in a private company Pevot product, s.r.o. For the production will be used machines, tools and technologies that the company commonly uses. On the basis of creation of production processes will be calculated price of the print head and it will be compared with the price of a similar product currently available on the Internet. After comparing the company may decide, if itself will produce and offer on the market.

Key words

machining, the print head, costs, unit production, mass production

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

TALAFÁ, Michal. *Návrh výrobní technologie FDM tiskové hlavy*. Brno 2012. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 68 s., 2 přílohy. Vedoucí práce Ing. Oskar Zemčík, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Návrh výrobní technologie FDM tiskové hlavy** vypracoval(a) samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Bc. Michal Talafa

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Oskaru Zemčíkovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce. Dále děkuji společnosti Pevot produkt, s.r.o. za poskytnuté informace k vypracování.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	10
1 OBRÁBĚNÍ	11
Soustružení.....	11
Frézování	12
Vrtání	16
Všeobecné obrábění plastů	17
2 RAPID PROTOTYPING.....	18
Fused deposition modeling	18
Tisková hlava.....	18
3 MATERIÁLY	19
Hliníková slitina [10]	19
Mosaz.....	20
PTFE	20
Ocel – 11 375 (dle ČSN).....	21
4 Technologičnost konstrukce	22
Izolace extruderu:	22
Izolace trysky	23
Podložka M3	23
Svorka izolace.....	24
Svorka trysky	24
Tryska	25
Topné těleso	25
Měděný chladič.....	26
5 Kusová výroba	27
Izolace extruderu.....	27
IZOLACE TRYSKY	29
PODLOŽKA M3	31
SVORKA IZOLACE.....	32
SVORKA TRYSKY	34
TRYSKA	36

TOPNÉ TĚLESO	40
Chladič	42
6 SÉRIOVÁ VÝROBA	43
Izolace extruderu.....	43
Izolace trysky	44
Podložka M3	45
Svorka izolace.....	45
Svorka trysky	46
Tryska	47
Topné těleso	49
Chladič	49
7 Montážní postup	50
8 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	51
Kalkulace ceny.....	51
Ceny materiálů	52
Výpočet ceny	52
Izolace extruderu.....	53
Izolace trysky	54
Podložka M3	54
Svorka izolace.....	55
Svorka trysky	55
Tryska:	56
Topné těleso	56
Měděný chladič.....	57
Sériová výroba	57
Izolace extruderu.....	57
Izolace trysky	58
Podložka M3	58
Svorka izolace:.....	59
Svorka trysky	59
Tryska	60
Topné těleso	60
Měděný chladič.....	61
ZÁVĚR	62
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	63

Seznam použitých symbolů a zkratk.....	66
SEZNAM PŘÍLOH.....	68

ÚVOD

V dnešní době nových technologií patří metoda Rapid prototyping k moderním trendům ve výrobě. Tato metoda slouží k co nejrychlejší tvorbě prototypů a modelů. Mezi tyto metody patří také metoda fused deposition modeling (FDM).

Tato metoda se rychle se rozvíjí. Pro její použití je nutný software a 3D tiskárna, kterou je možné si zhotovit i doma. Právě na tyto zákazníky by se chtěla firma zaměřit.

Důležitou částí celé tiskárny je tisková hlava. Pro mnohé je velmi finančně náročné objednat si tuto sestavu na zakázku.

Tedy cílem této práce je vytvořit dle výkresové dokumentace, běžně se vyskytující na internetu, návrhy výrobních technologií pro kusovou výrobu a sériovou výrobu. Na základě výpočtů nákladů na výrobu zhodnotit, zda je možné uvažovat o začlenění výroby tiskové hlavy do produkce společnosti.

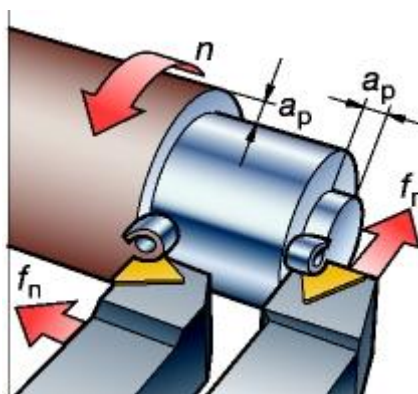
Cena však nesmí být příliš vysoká, aby neodradila zákazníky a zároveň nesmí být vyšší, než ceny výrobků, které jsou běžně k dostání na trhu.

1 OBRÁBĚNÍ

Pro vyrobiteľnost této sestavy bude zapotřebí základních obráběcích procesů, jako je soustružení, frézování, vrtání a zámečnické práce.

Soustružení

Jedná se o nejjednodušší metodu obrábění, která je však velmi frekventovaná. Tento způsob obrábění se používá pro výrobu rotačních součástí. Mimo vlastního soustružení se zde také uplatňují další obráběcí metody jako vrtání, vyhrubování, vystružování nebo zahlubování. Hlavní řezný pohyb vykonává obrobek, přičemž rychlost hlavního pohybu je současně řeznou rychlostí v_c . posuvový pohyb vykonává nástroj a je většinou přímočarý, přičemž řezný pohyb se při soustružení válcové plochy realizuje ve šroubovici a při soustružení čelní plochy je tato dráha Archimédova spirála.



Obr. 1 Znárodnění soustružení [1]

$f_n = f$ - posuv na otáčku [mm]

n - otáčky [min^{-1}]

a_p - šířka záběru ostří [mm]

Pokud budeme soustružit válcovou plochu konstantními otáčkami n a konstantní posuvovou rychlostí v_f , pak bude konstantní i řezná rychlost v_c i rychlost řezného pohybu v_e .

Hodnota řezné rychlosti v_c , posuvové rychlosti v_f a rychlosti řezného pohybu v_e se vyjádří:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} [\text{m min}^{-1}]$$

$$v_f = n \cdot f [\text{mm min}^{-1}]$$

$$v_e = \sqrt{v_c^2 + v_f^2} [\text{m min}^{-1}]$$

D - průměr obrobku [mm]

n - otáčky obrobku [m.min^{-1}]

f - posuv na otáčku [mm]

Při stanovení strojního jednotkového času t_{AS} se vychází z rozměrů součásti, kde se připočítává náběh a přeběh. Pro konstantní otáčky n platí vztah:

$$t_{AS} = \frac{L}{n \cdot f} \quad [min]$$
$$L = l_n + l + l_p \quad [mm]$$

L - dráha nástroje [mm]

l_n - délka náběhu [mm]

l - délka soustružené části [mm]

l_p - délka přeběhu [mm]

Soustružnické nože jsou nejvíce využívané nástroje při tomto druhu obrábění. Dělí se na radiální, prizmatické, tangenciální, kotoučové a nože s vyměnitelnými břitovými destičkami. Také je lze rozdělit na pravé a levé.

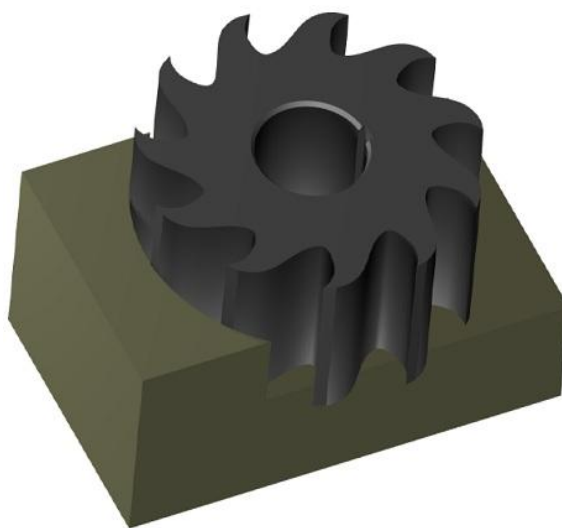
Stroje můžeme rozdělit na hrotové soustruhy, revolverové soustruhy a svislé soustruhy.

Frézování

Je to obráběcí metoda, kde materiál obrobku odebírají břity rotujícího nástroje, a posuv koná obrobek. Řezný proces je přerušovaný- každý zub odebírá krátké třísky, které mají proměnnou tloušťku. Z technologického hlediska lze rozlišit základní typy frézování: válcové a čelní.

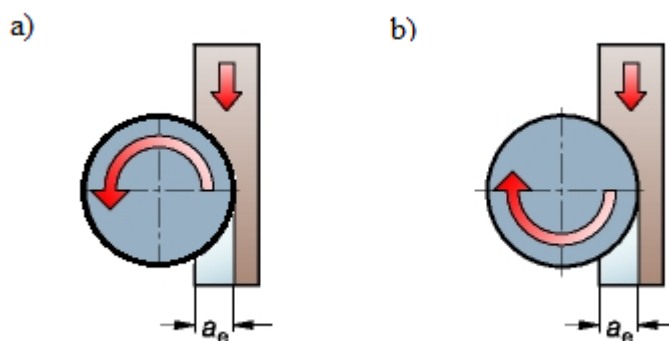


Obr. 2 Znáznornění válcového frézování [2]



Obr. 3 Znázornění čelního frézování [2]

V závislosti na kinematice řezného procesu se rozlišuje frézování sousledné a nesousledné



Obr. 4 Nesousledné frézování-a) a sousledné frézování b)

[3]

Nesousledné frézování- smysl rotace je proti směru posuvu. Sousledné frézování- smysl rotace je ve směru posuvu.

Hodnota řezné rychlosti v_c , posuvové rychlosti v_f a rychlosti řezného pohybu v_e se vyjádří:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad [m \cdot min^{-1}]$$

$$v_f = z \cdot f_z \cdot n \quad [mm \cdot min^{-1}]$$

$$v_e = \sqrt{v_c^2 + v_f^2} \quad [m \cdot min^{-1}]$$

D- průměr frézy [mm]

n- otáčky obrobku [$m \cdot min^{-1}$]

f- posuv na otáčku [mm]

z- počet zubů frézy [-]

f_z - posuv na břit [mm]

Jednotkový strojní čas t_{AS} se vyjádří jako:

$$t_{AS} = \frac{L}{v_f} \quad [min]$$
$$L = l_n + l + l_p + D \quad [mm]$$

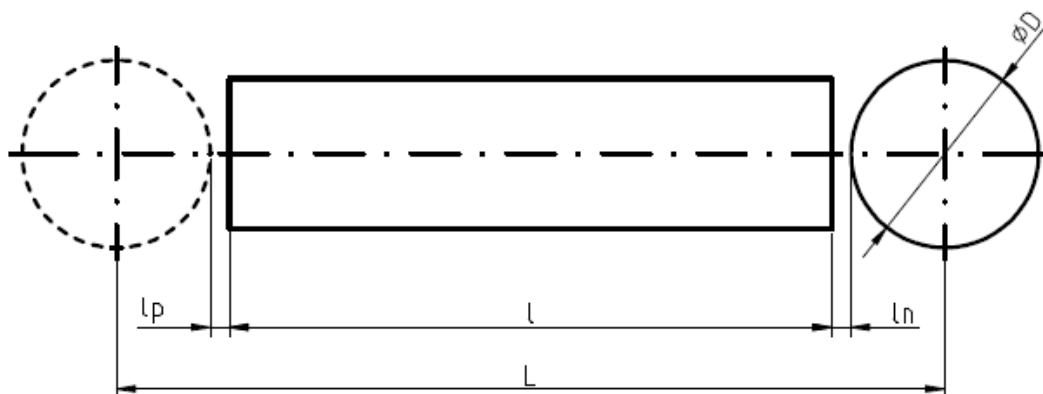
L- dráha nástroje [mm]

l_n - délka náběhu [mm]

l- délka soustružené části [mm]

l_p - délka přeběhu [mm]

D- průměr frézy [mm]



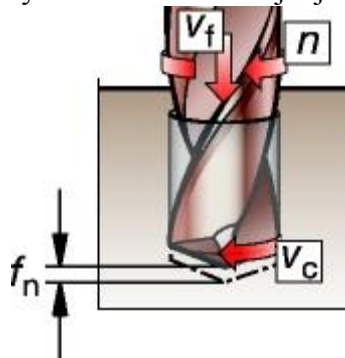
Obr. 5 Znázornění dráhy nástroje [4]

Mezi základní druhy fréz patří válcová fréza, úhlová fréza, kotoučová fréza, čelní fréza, frézovací hlava, tvarová fréza, čelní válcová fréza, kopírovací fréza a drážkovací fréza. Daly by se také rozdělit podle druhu materiálu, ze kterého jsou vyrobeny na: nástroje z rychlořezné oceli, slinutého karbidu, cermetu, řezné keramiky, kubického nitridu bóru a syntetického diamantu.

Stroje, na kterých se tyto operace provádí, se nazývají frézky. Ty se dělí na konzolové (svislé a vodorovné), stolové a rovinné.

Vrtání

Je to obrábění vnitřních rotačních ploch. Hlavní pohyb je zpravidla vykonávám nástrojem (pokud se nejedná o vrtání na soustruhu- zde hlavní pohyb vykonává obrobek). Tento pohyb je vždy rotační. Posuvový pohyb vykonává také nástroj a jedná se o pohyb přímočarý.



Obr. 6. Znáznornění vrtání [5]

v_c - řezná rychlost

v_f - posuvová rychlost

n - otáčky

f_n - posuv na otáčku

Hodnota řezné rychlosti v_c , posuvové rychlosti v_f a rychlosti řezného pohybu v_e se vyjádří:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad [m \cdot min^{-1}]$$

$$v_f = z \cdot f_z \cdot n \quad [mm \cdot min^{-1}]$$

$$v_e = \sqrt{v_c^2 + v_f^2} \quad [m \cdot min^{-1}]$$

D - průměr vrtáku [mm]

n - otáčky vrtáku [$m \cdot min^{-1}$]

f - posuv na otáčku [mm]

z - počet zubů frézy [-]

f_z - posuv na břit [mm]

Při vrtání šroubovitým vrtákem je $v_c \gg v_f$, proto $v_e \cong v_c$.

Jednotkový strojní čas t_{AS} se vyjádří jako:

$$t_{AS} = \frac{L}{n \cdot f} \quad [min]$$

$$L = l_n + l + l_p \quad [mm]$$

$$l_n = (0,5 \text{ až } 1) \text{ mm}$$

$$l_p = 0,5 \cdot D \cdot \tan 31^\circ + (0,5 \text{ až } 1) \cong 0,3 \cdot D + (0,5 \text{ až } 1) \quad [mm]$$

L - dráha nástroje [mm]

l_n - délka náběhu [mm]

l - délka soustružené části [mm]

l_p - délka přeběhu [mm]-

D- průměr vrtáku [mm]

Všeobecné obrábění plastů

Plasty lze snadno obrábět na běžných kovoobráběcích strojích. Plasty mají všeobecně špatnou tepelnou vodivost a nízký bod tání, což se musí vzít na zřetel. S ohledem na to je nutné, aby při obrábění vznikalo co nejméně tepla a zároveň aby ho co nejméně vnikalo do obrobku, čímž se zabrání natavování povrchu. Pro obrábění plastů nejsou potřeba tak velké řezné síly jako u obrábění kovů. Je potřeba také brát v úvahu nižší upínací tlaky. Velké upínací síly vedou k pružné deformaci, která má vliv na přesnost součástí.

Nástroje na obrábění musí být tedy udržovány ostré a čisté, aby se na špičce nezachycovali odcházející třísky. Tvar řezné části musí mít co nejmenší řeznou stykovou plochu. Na obrábění jsou dostačující nástroje z rychlořezné oceli. Dají se také využít i nástroje ze slinutého karbidu, řezné keramiky nebo diamantu. Tyto nástroje se zejména využívají u větších sérií, nebo pokud se jedná o plast, které jsou vyztuženy skleněnými nebo jinými vlákny. Dále je nutné použít co největší posuvy. Při operacích není nutné použít chladicí médium. Ačkoliv u vrtání nebo řezání velkých průměrů je použití chladicího média nutné. Běžně se využívá řezná kapalina pro obrábění kovů. Všeobecně platí, že při použití tohoto média se zvyšuje přesnost a kvalita obrobeneho povrchu. Naopak u některých amorfních plastů, které jsou náchylné na vnitřní popraskání (např. PC 1000, PPSU 1000), je přítomnost řezné kapaliny vyloučena. Na jejich chlazení se používá čistá voda nebo stlačený vzduch.

Tolerance na součástech z plastů jsou mnohem vyšší než u kovových součástí. To je způsobeno vyšším koeficientem tepelné roztažnosti, bobtnáním (absorpce vlhkosti) a vnitřním pnutím v materiálu. Při obrábění teflonu je nutné pamatovat na to, že se musí obrábět minimálně při teplotě 23°C, čímž se zabrání změně rozměrů ke které dochází při teplotě 20°C (inverzní bod struktury).

Při vrtání je nutné také častěji vyjíždět vrtákem kvůli odvodu třísky a výplachu díry (zejména při vrtání hlubokých děr). Předjde se tak natavování materiálu. Doporučuje se také použití vrtáků s menším průměrem dřívku, než je průměr řezné části z důvodu eliminace tření. Při vrtání děr větších průměrů je nutné vrtat díru postupně menšími průměry.

Při řezání materiálu je nutné zabezpečit nástroje s dostatečnými vzdálenostmi mezi zuby, aby bylo zajištěno dobré odvádění třísky. Zuby by také měly mít dostatečný rozvod, aby nedocházelo ke svírání a tím i velkému tření. Doporučuje se použití spíše pásových pil. Při použití kotoučových pil u určitých druhů materiálů vede k popraskání.

[6]

2 RAPID PROTOTYPING

Rapid prototyping patří k moderním trendům ve výrobě. Tato metoda slouží k co nejrychlejší tvorbě prototypů a modelů, aby bylo možné odstraňovat případné chyby, kontrolovat smontovatelnost, opravitelnost, nebo provádět funkční zkoušky.

Mezi tyto metody patří

- Stereolitografie (SL),
- Solid Ground Cutting (SGC),
- Selective Laser Sintering (SLS),
- Direct Metal Laser Sintering (DMLS),
- Laminated Object Manufacturing (LOM),
- Multi Jet Modeling (MJM) a
- Fused Deposition Modeling (FDM).

Podle typu zařízení se používají různé druhy materiálů:

- fotopolymery (SL),
- termoplasty (FDM),
- speciálně upravený papír (LOM)
- kovové prášky (DMLS).

Aby mohl být fyzický model vytvořen, musí vstupní data nést úplné informace o geometrii tělesa. Dále jsou tyto data objektu aproximována pomocí triangulace. Nastavitelné parametry ovlivňují výslednou přesnost modelu. Data jsou dále zpracována speciálním softwarem pro rapid prototyping, který rozloží 3D geometrii na jednotlivé příčné řezy definované výšky (obvyklá výška vrstev je 0,1 až 0,2 mm). [7]

Fused deposition modeling

Metoda FDM byla vynalezena v roce 1988 Stratasys, Inc. Modely tohoto typu se používají zejména jako prototypy. Při tvorbě nevzniká žádný odpad, a proto není potřeba součásti dále obrábět. Odstraňují se pouze podpěry. Je zde ovšem omezena přesnost a to průměrem trysky, tvarem použitého materiálu a smrštění modelu při chladnutí. [8]

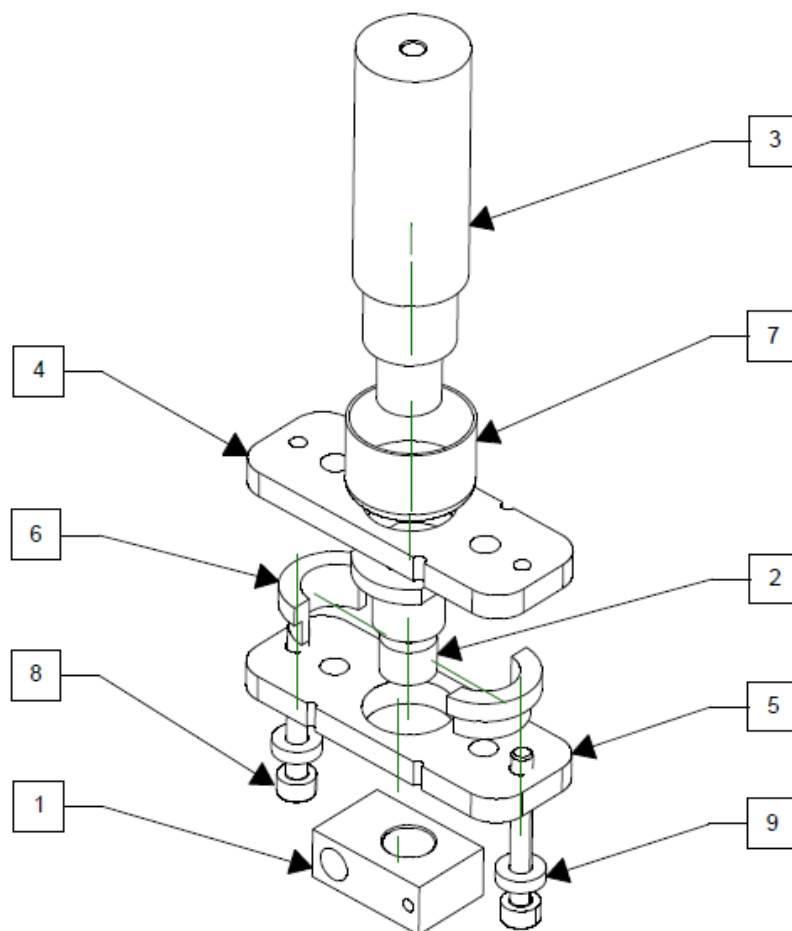
Součást vzniká nanášením horizontálních vrstev termoplastického materiálu nebo vosku. Touto technologií je možné vytvářet modely z polyamidu, polyetyleny, polykarbonátu, atd. Materiál je ve tvaru tenkého drátu, který se odvíjí z vyměnitelných cívek, které se dají kdykoliv během procesu vyměnit. Nanášen je tenkou tryskou. Pokud je část modelu vytvářena do volného prostoru, je nezbytné použít podpory, které jsou zhotoveny z polystyrenu nebo lepenky. [8]

Tisková hlava

Nejdůležitější součástí pro tisk samotný je tisková hlava. Materiál se zde musí zahřát na teplotu o 1°C vyšší než je teplota tavení a pak je teprve nanášen horizontálními vrstvami. Zdrojem tepla je výkonový rezistor umístěný v hliníkovém topném tělese. Dodávání drátového materiálu je uskutečňováno kladkami. Rychlost posuvu drátu je dán posuvovou rychlostí hlavy, průměrem trysky a průměrem drátu.

Po dokončení jedné vrstvy sjede stůl dolů o výšku nanášené vrstvy. Tisková hlava se skládá z teflonové izolace extruderu, která navazuje na samotnou mosaznou nebo hliníkovou trysku. Průměr trysky je 0,35 mm. Tryska je spojena závitem s topným tělesem z hliníkové slitiny.

Na izolaci extruderu je měděný chladič, který odvádí přebytečné teplo. Vše je spojeno dvěma ocelovými svorkami. [9]



Obr. 7 Tisková hlava

3 MATERIÁLY

Hliníková slitina [10]

V praxi se čistý hliník využívá jen zřídka. Většinou se jedná o jeho slitiny. Je to z toho důvodu, že jako čistý kov má špatné technologické a mechanické vlastnosti. Má však velmi dobré plastické vlastnosti. Hustota čistého hliníku je 2.6989 g.cm^{-3} . Hliník má kubickou plošně středěnou mřížku, díky které mají i jeho slitiny dobré plastické vlastnosti jak za tepla, tak i za studena.

Slitiny hliníku se dají rozdělit na slitiny vhodné ke tváření, slévání a slitiny na obrábění (často se nazývají automatové slitiny). Vznikají nalegováním vhodných chemických prvků, což má pozitivní důsledky na vlastnosti. Pevnostní vlastnosti se zlepšují pomocí mědi a hořčíku. Tyto slitiny jsou známy jako duraly. Stříbro zlepšuje chemickou odolnost proti korozi za napětí. Tvrdost hliníku se pohybuje od 15 HB (u čistého hliníku) až po 140 HB (vysokopevná vytvrzovatelná slitina).

Slitiny vhodné k obrábění se musí vyznačovat drobnou tříškou. Často využívaným prvkem pro tyto slitiny je olovo, bismut, kadmium a antimon. Dnes je snaha o nahrazení olova a to z důvodu jeho negativního vlivu na životní prostředí. Často se tedy nahrazuje cínem.

Vliv precipitátů, konstitučních fází, měkkých částic i stupně deformačního zpevnění působí na obrobiteľnost hliníkových slitin velmi příznivě, takže lze o hliníkových slitinách obecně říci, že patří mezi ty lépe obrobiteľné. Nejdůležitější parametr hodnocení je tvar třísky. Při rovnoměrném rozdělení měkkých částic ve struktuře dochází při vyšších teplotách na břitů nástroje k natavení těchto částic a tím k tvorbě drobných třísek. Při vysokých řezných rychlostech (okolo $1000 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$) dochází k malému opotřebení nástrojů.

Mosaz [11]

Základem mosazi je binární soustava Cu–Zn, případně je část podílu zinku nahrazena jiným kovem (ternární mosaz). Pro technickou praxi mají význam mosazi s obsahem nad 58% Cu. Slitiny s menším obsahem mědi jsou nepoužitelné pro malou tvrdost a velkou křehkost. Mosazi s obsahem 75–85% Cu nejsou tvárné za tepla. Obsahují-li více než 80% Cu, nazývají se tombaky. Žlutá mosaz má okolo 35% zinku. Má široké pole využití v jemné mechanice, elektrotechnice, při výrobě různého dalšího kovového zboží a také v modelářství. K přednostem patří dobrá obrobiteľnost, korozivzdornost a slušná vodivost. Dobře obrobiteľné mosazi jsou zejména dvoufázové $\alpha + \beta$ s přidavkem 1–2 hm.% Pb. Nejpoužívanější jsou Ms 63, Ms 60 a Ms 58. Pevnost není příliš vysoká (je závislá na obsahu Cu), ale pro mnoho aplikací zcela dostačující (např. pro Ms 58 je $R_m = 350\text{--}550 \text{ MPa}$). Mosazi se dobře spojují pájením a také pokovují. Nevýhodou je cena, daná hlavně vysokým podílem mědi. [12]

Ms 58 je označení používané pro mosaz CuZn39Pb3 (EN: CW 614 N). Je to běžný, mezinárodně rozšířený materiál s vynikající obrobiteľností. Dobře se letuje a tváří za tepla. Je také vhodný pro kování. Nehodí se příliš k tváření za studena. Hustota 8450 kg/m^3 , pevnostní charakteristiky: $R_m = 350\text{--}550 \text{ MPa}$ (v závislosti na tepelno-mechanickém zpracování od výrobce), $R_e = 270\text{--}500 \text{ MPa}$, tvrdost podle Brinella až 150 HB. [13]

Tab. Složení CuZn39Pb3 [14]

Složení[hm.%]							
Cu	Zn	Pb	Al	Fe	Ni	Sn	ostatní
57–59	zbytek	2,5–3,5	do 0,05	do 0,3	do 0,3	do 0,3	do 0,1

PTFE

Teflon je částečně krystalický fluoroplast (fluorovaný polymer), který patří ke skupině termoplastů, ačkoliv má vlastnosti, které odpovídají reaktoplastům. Byl vynalezen chemikem Royem J. Plunkettem ve firmě DuPont.

Mimořádná kombinace vynikajících vlastností je v zásadě výsledkem molekulové struktury. Atom fluoru ve spojení s uhlíkem a téměř úplné zastínění nerozvětveného uhlíkového řetězce atomy fluoru zajišťují mimořádnou odolnost proti chemikáliím. Dá se říct, že je nejodolnější vůči chemickým vlivům ze všech pevných látek. Má také dobrou odolnost proti teple a to v rozmezí od $-200 \text{ }^\circ\text{C}$ až $+260 \text{ }^\circ\text{C}$, krátkodobě může odolávat i teplotě $+300 \text{ }^\circ\text{C}$. Teplota tání

je 327 °C. Jelikož je to polymer s vysokým kyslíkovým číslem, řadí se mezi nehořlavé polymery. Teplota hoření je 500–600 °C. Polytetrafluoretylén se vyznačuje zvláště nejnižším součinitelem tření. Díky svým mimořádným vlastnostem je vhodný jako speciální plast pro řadu oblastí použití. I při kritických použití přináší vyšší životnost, větší bezpečnost, zlepšení funkcí a nabízí konkurenční výhody u problematických použití.

Při tiskovém obrábění je rozhodující volba správných nástrojů a správných řezných podmínek. Důležité je dbát na vysokou řeznou rychlost, ostrost nástrojů, malý posuv a dobrý odvod třísek. Nejlepším chlazením je odvod tepla nad třísku, protože termoplasty jsou špatnými vodiči tepla. Při chlazení kapalinou používáme jen čistou vodu. V opačném případě může dojít ke vzniku trhlinek, způsobených pnutí. [15]

Teflon je nutné obrábět při minimální teplotě 23°C. Zabráni se tak změně rozměrů, ke které dochází při teplotě cca. 20°C (inverzní bod struktury PTFE). [16]

Tab. 3.1 Fyzikální vlastnosti PTFE [17]

Barva	[-]	Bílá
Hustota	[g/cm ³]	2,15–2,17
Max. provozní teplota na vzduchu krátkodobá	[°C]	+300
Max. a min. provozní teplota na vzduchu trvalá	[°C]	+260 / -200
Pevnost v tahu	[MPa]	28–32
Průtažnost	[%]	75–450
Modul pružnosti	[MPa]	340–638
Vrubová houževnatost	[kJ/mm ²]	13
Dynamický součinitel tření	[-]	0,15–0,25

Ocel – 11 375 (dle ČSN)

Jedná se o konstrukční ocel. Pro tento případ zadaných součástí, bude použita ocel S235JR (dle ČSN 11 375), což je nelegovaná ocel obvyklé jakosti vhodná ke svařování. Tato ocel není určena pro tepelné zpracování. Z hlediska normy se nepovažuje žíhání k odstranění pnutí, žíhání na měkko nebo normalizační žíhání za tepelné zpracování. Kromě křemíku a manganu nejsou předepsány další obsahy legujících prvků. Vhodná pro součásti konstrukcí strojů menších tloušťek, i tavně svařované, namáhané staticky i mírně dynamicky. Vtokové objekty vodních turbín, výtoky, hradidlové tabule, stavidla, méně namáhaná svařovaná potrubí a odbočnice, jezové konstrukce.[11,18]

Tab. 3.2 Vlastnosti oceli 11 375 [19]

Mechanické vlastnosti	Mez kluzu Re	360–520 MPa
	Tažnost	20% (.21)
Chemické Vlastnosti	Uhlík	Max. 0,17 %
	Fosfor	Max. 0,045%
	Síra	Max. 0,045%
	Dusík	Max. 0,009%

4 TECHNOLOGIČNOST KONSTRUKCE

Je dána souborem vlastností technicko-ekonomického charakteru, které mají zajistit optimální podmínky z hlediska funkce, spolehlivosti a životnosti výrobku. Důležité je dosažení minimální spotřeby hmotných a nehmotných zdrojů s maximálním využitím. Je to však relativní vlastnost, protože je vždy ovlivněna konkrétními podmínkami výrobního procesu. Všeobecně lze říci, že musí přihlížet k následujícím zásadám:

- Konstrukčním- hlediska funkční, pevnostní, materiálová atd.
- Provozním- pořizovací a provozní náklady, spolehlivost, životnost atd.
- Technologickým- výroba při minimálních nákladech a pracnosti

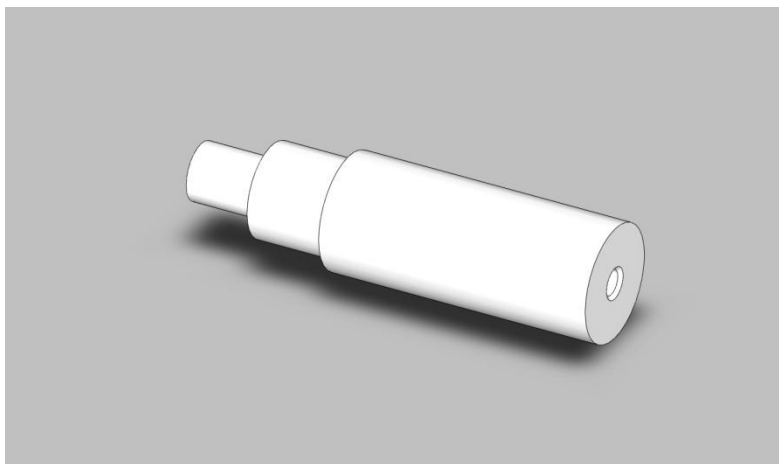
Rozbor technologičnosti konstrukce:

- 1) Tvar součásti musí být řešen s ohledem na jednotlivé etapy výroby (předzhotovující, zhotovující a dokončující)
- 2) Stanovení druhu materiálu je důležité vycházet z maximální životnosti a minimálního počtu materiálů
- 3) Součást má mít co nejméně a co nejmenší obráběné plochy
- 4) Obráběné plochy musí být přístupné pro obráběcí nástroj
- 5) Součást musí mít vhodné plochy, které mohou sloužit jako základny
- 6) Součást by měla být řešena s ohledem na typizaci a normalizaci
- 7) Přesnost a drsnost by neměla být větší než je nutné
- 8) Montáž by měla být jednoduchá [20]

Izolace extruderu:

Tvar součásti je odstupňovaný válec, kde nebude problém s nedostatkem místa pro nástroj při obrábění ploch. Použitý materiál je teflon, který z hlediska funkčnosti vyhovuje zejména díky svému nízkému koeficientu tření. Jako základna pro upínání může sloužit průměr 16 mm nebo již obrobené plochy menších průměrů. Přesnost rozměrů je řádově d desetinách milimetru, což je vzhledem k danému materiálu bez problémů dosažitelná hodnota, aniž by musela být použita speciální technologie.

Vzhledem k elastickým vlastnostem teflonu, nebude problém se zasunutím průměru 8 mm do trysky i při malém přesahu.

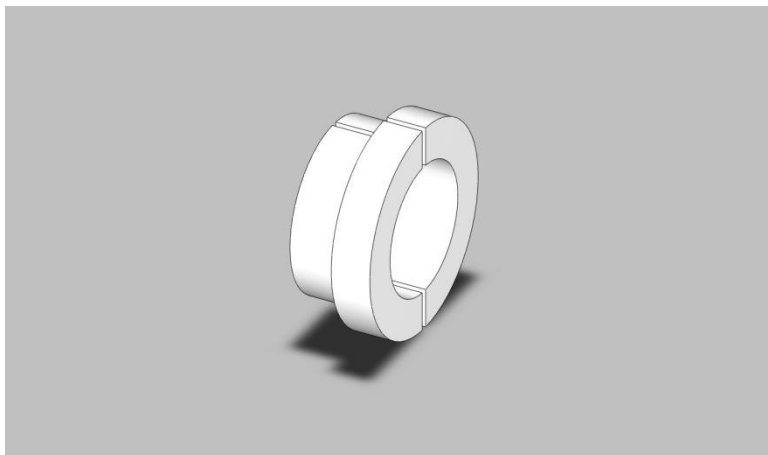


Obr. 8 Izolace extruderu

Izolace trysky

Tvar součásti připomíná prstenec. Jedná se sice o rozměrově malou součást, kde by však neměl nastat problém s obráběním na klasickém stroji. Tolerance této součásti se opět pohybují v řádech desetin milimetrů. Jako základna při soustružení bude složit neobrobený průměr polotovaru a součást se vyrobí na jedno upnutí, takže by neměl nastat problém s elastickou deformací, při velkém tlaku upnutí.

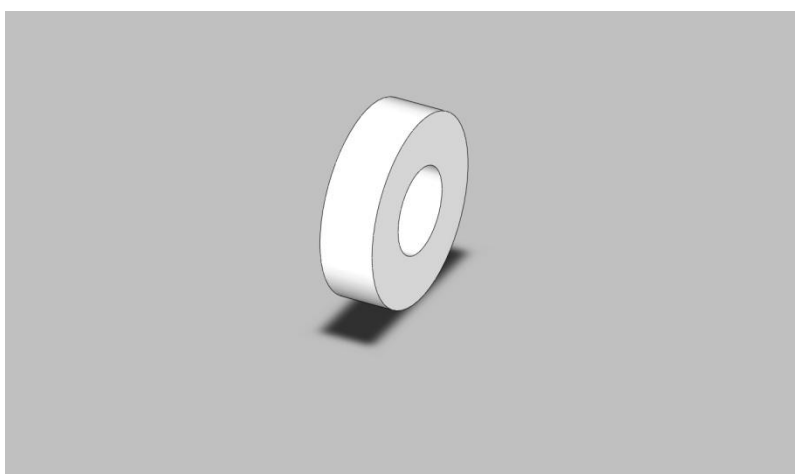
Při montáži se tato součást bude montovat do uložení s vůlí.



Obr. 9 Izolace trysky

Podložka M3

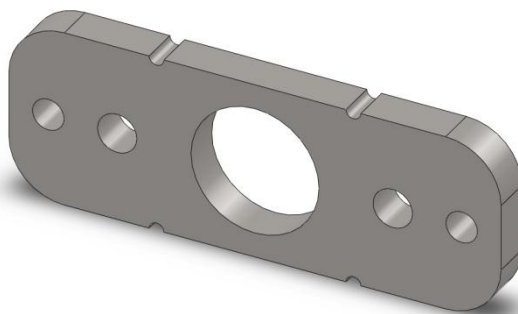
Jako materiál bude sloužit teflon. Na tuto součást se vztahuje pouze všeobecná tolerance a i z hlediska funkce v sestavě na ní není kladen důraz na přesnost.



Obr. 10 Podložka M3

Svorka izolace

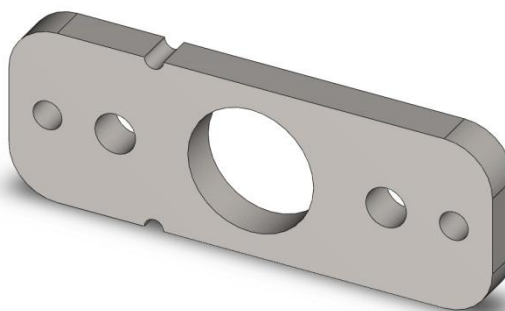
Jako materiál je zde použita běžná konstrukční ocel. Jelikož není na ni kladen žádný nárok na pevnost nebo odolnost je naprosto vyhovující. Pro kusovou výrobu by byl použit polotovár o síle 6 mm, i když na sílu není kladen žádný důraz. Důvodem je čistě finanční hledisko, kdy použití oceli tažené za studena se vyplatí až při sériové výrobě. Tolerance jsou zde všeobecné. Při montáži se bude do průměru 13 vsunuta izolace extruderu.



Obr. 11 Svorka izolace

Svorka trysky

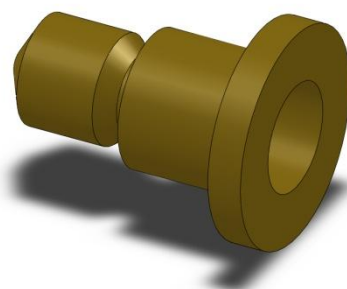
Jedná se téměř o totožnou součást jako je svorka izolace, až na drobné výjimky, čehož se využije u frézařských operací, kde bude možné spoustu operací provádět stejnými nástroji a při stejném upínání (např. frézování obvodového tvaru).



Obr. 12 Svorka trysky

Tryska

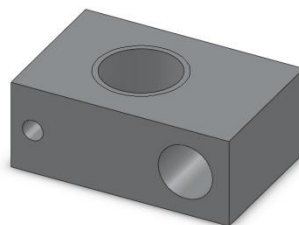
Použitým materiálem je mosaz Ms 58. Jako základny pro upínání se zde dají použít vnější průměry. Téměř všechny plochy jsou však funkční a navazují na další součásti buďto pomocí závitů nebo uložení. Jedinou plochou, která by nemusela být obrobena, je průměr 16 mm, kde funkční částí bude zploštění pro použití klíče na dotažení trysky. Zvláštností je použití vrtáku o průměru 3,5 mm a vrcholovým úhlem 90°. Z hlediska tolerancí se jedná o všeobecné tolerance.



Obr. 13 Tryska

Topné těleso

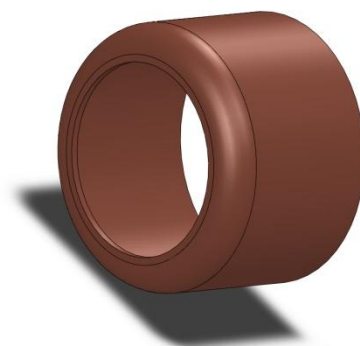
Jedná se o slitinu hliníku AlCu4Mg1Mn1. Jde se o malý kvádr, kde se budou obrábět všechny plochy i z toho důvodu, že se jedná o viditelný prvek. Z hlediska funkčnosti jsou funkční pouze 4 plochy, kde se budou vrtat díry. Dále by se dalo uvažovat o rozříznutí na straně, kde se nachází díra o průměru 1,9 mm, tak aby bylo možné stáhnout tuto mezeru šroubem, aby se nemuselo topné tělísko lepit, což by znamenalo jednodušší výměnu v případě poruchy. Na této součásti není potřeba používat jiné než všeobecné tolerance. Při montáži se bude do topného tělesa šroubovat mosazná tryska.



Obr. 14 Topné těleso

Měděný chladič

Jako polotovar bude použito měděné víčko, které je běžně k sehnání. Jediná operace zde bude vrtání díry o průměru 13 mm a tolerancí H12. Při montáži bude chladič nasunut na izolaci extruderu. Jeho funkcí je zde odvádět přebytečné teplo, aby se drátový materiál nenatavoval dříve než v trysce.



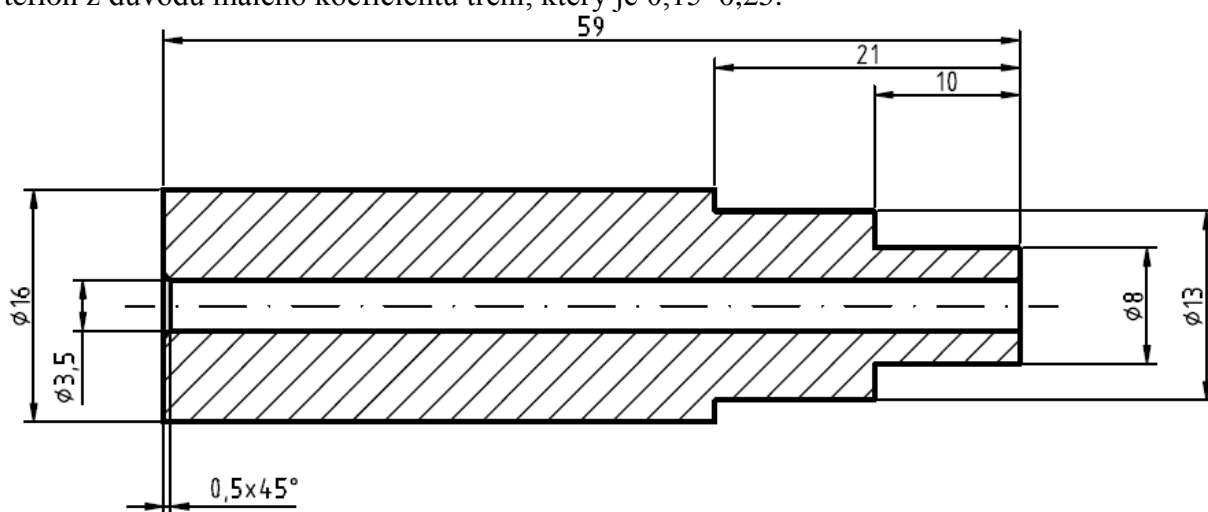
Obr. 15 Měděný chladič

5 KUSOVÁ VÝROBA

Při tomto návrhu se budou využívat klasické obráběcí stroje ve spojení s obráběcími nástroji z rychlořezné oceli. Proto jsou výpočty řezných podmínek přizpůsobeny těmto strojům a nástrojům. Při obrábění pouze jednoho kusu bude využit zejména u soustružení ruční posuv, proto je výpočet posuvové rychlosti jenom orientační. Je však důležitý pro následné určení strojního času a pak i ceny součásti.

Izolace extruderu

Tato část slouží k vedení drátového materiálu do trysky. Materiál, ze kterého je vyrobena, je teflon z důvodu malého koeficientu tření, který je 0,15–0,25.



Obr. 16 Výkres izolace extruderu

Nejdříve musíme materiál řezat na délku 62 mm (v případě dodání materiálu v této délce od dodavatele tento krok vynecháváme).

Pro opracování součásti do požadovaného tvaru použijeme hrotový soustruh SV 18R, který je z vybavení, jež máme k dispozici dostačující. Pro upnutí použijeme univerzální sklíčidlo. Váleček vsuneme do vřetena 20 mm hluboko a upneme. Jako nástroj použijeme ohnutý uběrací nůž z rychlořezné oceli. Pro soustružení teflonu tímto nástrojem je optimální řezná rychlost $100\text{--}400\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ a posuv na otáčku $0,05\text{--}0,5\text{ mm}$ (viz tab. 5.1). Z důvodu malých celkových rozměrů součásti bych se přiklonil k nižším řezným rychlostem a posuvům, což by znamenalo otáčky $n=1990\text{ min}^{-1}$ a posuvová rychlost $v_f=100\text{ mm/min}$.

Tab. 5.1 Použité nástroje a jejich řezné rychlosti a posuvy [4,27,29]

nástroj	norma	vc	f
uběrací nůž ohnutý	ČSN 223520	100	0,05
navrtávák Ø3 mm	ČSN 221110	20	0,1
Vrták Ø 3.50x72 mm	ČSN 221125	20	0,08
kuželový záhlubník Ø8	ČSN 221627	20	0,04
stranový nůž	ČSN 223524	100	0,05

Tyto otáčky na stroji nelze nastavit, proto budou použity otáčky $n=1800\text{ min}^{-1}$ a posuvová rychlost $v_f=90\text{ mm/min}$.

Nejdříve bude zarovnáno čelo na jednu třísku, při čemž budeme odebírat 1,5 mm z celkové délky.

V dalším kroku se osoustruží vnější průměr na hodnotu 16 mm, kde se nejprve bude soustružit na hrubo s přídavkem 0,5 mm a pak na čisto na hotový průměr.

V další operaci se zhotoví díra. Nejdříve se navrtá pomocí navrtávu o průměru 3 mm do hloubky 2 mm. Pro tento nástroj a obráběný materiál se používá řezná rychlost $20\text{--}35\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ a posuv na otáčku 0,1 mm. Z toho vyplývají otáčky $n=2123\text{ min}^{-1}$. Na stroji nastavíme nejbližší nižší otáčky $n=1800\text{ min}^{-1}$. Posuvová rychlost $v_f=180\text{ mm/min}$.

Po navrtání provedeme výměnu nástroje na šroubovité vrták o průměru 3,5 mm a délce řezné části 72 mm z HSS dle ČSN 221125. Pro tento nástroj používáme řeznou rychlost $20\text{--}35\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$, posuv na otáčku pro tento vrták bude 0,08 mm. Použit ovšem bude ruční posuv, protože je důležité, aby se vrták neustále čistil z důvodu ulpívání třísek na bříty a dále jejich natavování, což by mělo za následek zhoršenou kvalitu díry. Díra bude vyvrtána skrz.

Následně bude provedeno sražení hrany na díře $0,5\times45^\circ$ kuželovým záhlubníkem o vnějším průměru 8 mm dle ČSN 221627. Řezná rychlost je $20\text{--}30\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ a posuv na otáčku 0,04 mm. Z toho plynou otáčky $n=1400\text{ min}^{-1}$ a posuvová rychlost $v_f=56\text{ mm/min}$. I zde bude rovněž použit ruční posuv.

Otočíme obrobek, vsuneme do sklíčidla 30 mm hluboko a upneme. Zarovná se čelo na celkovou délku 59 mm pomocí zahnutého uběracího nože (budou použity stejné řezné podmínky jako pro první čelo).

Na zhotovení dvou menších průměrů bude použit uběrací nůž stranový z rychlořezné oceli dle ČSN 223524. Pro něj platí stejné řezné rychlosti a posuvy na otáčku jako pro zahnutý uběrací nůž, který byl použit na první soustružnickou operaci. Budou proto použity otáčky 1800 min^{-1} a posuvová rychlost $v_f=90\text{ mm/min}$.

Dále bude soustružen vnější průměr 16 do délky 22 mm. Pak bude následovat soustružení vnějšího průměru 13 mm do délky 21 mm. Pro tento průměr budou otáčky $n=2240\text{ min}^{-1}$ a posuvová rychlost $v_f=110\text{ mm/min}$.

Jako poslední část bude soustružen vnější průměr 8 mm do délky 10 mm. Pro něj by měly být použity otáčky $n=3980\text{ min}^{-1}$ a posuvová rychlost $v_f=199\text{ mm/min}$.

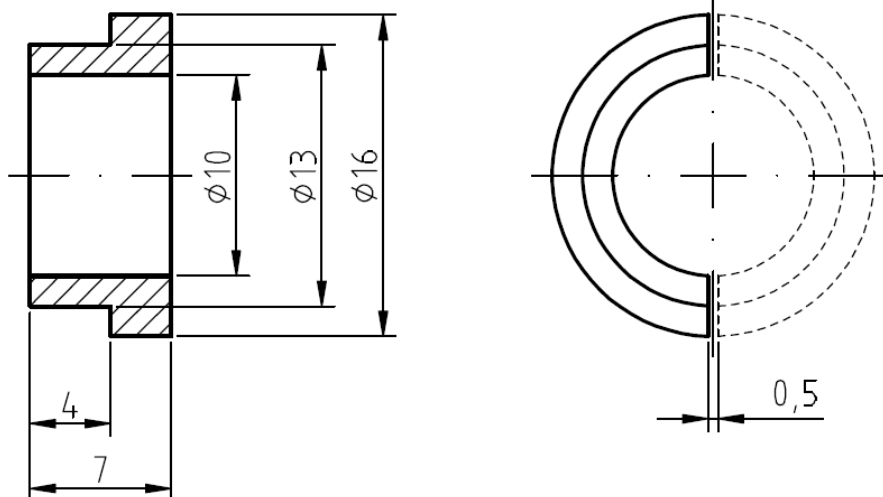
Tyto otáčky nemůže stroj vyvinout, proto se zachovají otáčky, které byly použity pro minulý průměr.

Tab. 5.2 Technologický postup kusové výroby součásti izolace extruderu.

č. op.	stroj	popis	nástroj
1	pásová pila	řezat $\varnothing 20\times 62\text{ mm}$	
2	SV 18R	zarovnat čelo soustružit vnější $\varnothing 16$ do délky 40 navrtat střídící důlek do hloubky 4 mm vrtat díru $\varnothing 3,5$ skrz srazit hranu $0,5\times 45^\circ$ otočit zarovnat čelo na délku 59 mm soustružit vnější $\varnothing 13$ do délky 21 mm soustružit vnější $\varnothing 8$ do délky 10 mm	uběrací nůž ohnutý navrtávák 60° HSS $\varnothing 3\text{ mm}$ Vrták HSS $\varnothing 3,5\times 72\text{ mm}$ kuželový záhlubník $\varnothing 8$ ČSN 221627 uběrací nůž ohnutý stranový nůž
3	kontrola		

IZOLACE TRYSKY

Materiál polotovaru je teflonová tyč o průměru 20 mm. Polotovar se opět nebude řezat, ale upichovat přímo na hrotovém soustruhu SV 18R, kde se budou provádět všechny soustružnické operace. Materiál bude upnut v universálním sklíčidle.



Obr. 17 Výkres izolace trysky

Na podélné soustružení bude použit pravý uběrací nůž ohnutý z rychlořezné oceli. Řezná rychlost pro soustružení teflonu je $100\text{--}400\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ a posuv $0,05\text{--}0,5\text{ mm}$ (viz tab. 5.3). Jelikož budou použity řezné nástroje z rychlořezné oceli, přikloníme se k nižším hodnotám v_c a v_f .

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{100 \cdot 1000}{\pi \cdot 16} = 1990\text{ min}^{-1} \Rightarrow 1800\text{ min}^{-1}$$

$$v_f = n \cdot f = 1800 \cdot 0,05 = 90\text{ mm/min}$$

$$L = l_n + l + l_p = 2 + 10 + 1 = 13\text{ mm}$$

$$t_{AS} = \frac{L}{v_f} = \frac{13}{90} = 0,14\text{ min}$$

Tab. 5.3 Použité nástroje a jejich řezné rychlosti a posuvy pro součást izolace trysky [4,27]

nástroj	norma	v_c	f
zahnutý soustružnický nůž	ČSN 223520	100	0,05
navrtávák Ø4 mm	ČSN 221110	20	0,15
vrták Ø10 mm	ČSN 221121	20	0,35
upichovací nůž $a_p=3\text{ mm}$	ČSN 223554	100	0,05
Kotouč polohrubý 50x0,50x13	ČSN22 2913.1	50	0,005

Pro průměr 16 mm tedy platí otáčky 1800 min^{-1} posuv 90 mm/min . Jako první operací bude zarovnání čela. Jelikož na tomto stroji nelze nastavit konstantní řezná rychlost, budou při čelním soustružení, použity konstantní otáčky, které volíme vyšší např. 2240 min^{-1} .

Další operací bude zhotovení díry o průměru 10 mm. Nejdříve díru navrtáme pomocí navrtáváku o průměru 4 mm z HSS. Pro vrtání do plastů rychlořeznými nástroji se používají řezné rychlosti $20\text{--}35\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ a posuvy na otáčku $0,15\text{ mm}$ (viz tab. 5.3). Pro řeznou rychlost $20\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ platí otáčky $n=1400\text{ min}^{-1}$ a posuvová rychlost 210 mm/min .

Navrtávat se bude do hloubky 3 mm.

V další operaci bude použit šroubovitý vrták z rychlořezné oceli dle ČSN 221182 o průměru 10 mm. Při požití stejných řezných rychlostí budou použity otáčky $n=560 \text{ min}^{-1}$. Posuv bude ruční (teoretická hodnota posuvové rychlosti $v_f=200 \text{ mm/min}$). Díra bude vrtána do hloubky 10,5 mm.

Následovat bude soustružení vnější průměru, na který bude použit stejný soustružnický nůž jako na zarovnání čela, tedy budou použity i stejné řezné podmínky. Vnější válcová plocha bude soustružena na průměr 16 mm do délky 8 mm.

Pro následující operace bude použit upichovací soustružnický nůž z rychlořezné oceli a šířce ostří $a_p=3 \text{ mm}$. Řezná rychlost bude opět $100\text{--}400 \text{ m.min}^{-1}$ a doporučený posuv na otáčku 0,05 mm. Jelikož se bude tímto nástrojem soustružit v příčném směru, budou tedy použity stejné řezné podmínky jako v případě zarovnání čela, což znamená otáčky $n=2240 \text{ min}^{-1}$ a posuvovou rychlost $v_f=100 \text{ mm/min}$. Nejdříve se vysoustruží průměr 13 mm široký 4 mm, který se musí soustružit na dvě třísky. Po skončení toho úkon se celá součást upichne a to tak, aby celková délka byla 7 mm.

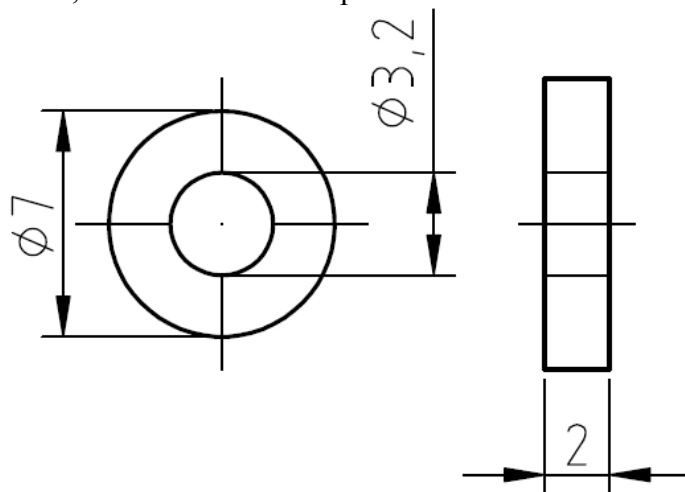
Po ukončení soustružnických operací se daná součást přesune na frézarské pracoviště. Bude použit konzolová svislá frézka FGNJ 40. Součást bude upnuta ve svěráku. Zde bude obrobek symetricky rozříznut pomocí pilového kotouče dle ČSN22 2913.1 HSS 50x0,50x13 (s počtem zubů 48). Řezná rychlost pro tento kotouč je 50 m.min^{-1} a posuv na zub je 0,005 mm (viz Příloha 1), což znamená $n=315 \text{ min}^{-1}$ a $v_f=80 \text{ mm/min}$.

Tab. 5.4 Technologický postup kusové výroby součásti izolace trysky.

č. op.	stroj	popis	nástroj
1	hrotový soustruh	zarovnat čelo navrtat středící důlek vrtat díru Ø 10 do hloubky 10,5 mm soustružit vnější Ø 13 do délky 4 mm upichnout na délku 7 mm	zahnutý soustružnický nůž navrtávák Ø=4 mm vrták Ø=10 mm upichovací nůž ($a_p=3 \text{ mm}$)
2	konzolová frézka	řezat podložku symetricky	Kotouč ČSN22 2913.1 HSS polohrubý 50x0,50x13
3	kontrola		

PODLOŽKA M3

Podložka je z teflonu. Jako polotovar bude sloužit kruhová tyč o průměru 10 mm. Nejvýhodnější bude materiál neřezat, ale upichovat přímo na soustruhu. K tomu využijeme hrotový soustruh SV 18R, kde bude materiál upnut v univerzálním sklíčidle.



Obr. 18 Výkres podložky M3

Použit bude zahnutý uběrací nůž z rychlořezné oceli. Řezná rychlost soustružnického nože se pohybuje mezi 100–400 m.min⁻¹ a posuv na otáčku 0,05 mm.

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{100 \cdot 1000}{\pi \cdot 7} = 4549 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = n \cdot f = 4549 \cdot 0,05 = 227,45 \cong 227 \text{ mm/min} \Rightarrow 110 \text{ mm/min}$$

Tab. 5.5 Použité nástroje a jejich řezné rychlosti a posuvy pro součást izolace trysky [4,27]

zahnutý nůž	ČSN 223520	45	0,1
navrtávák Ø3 mm	ČSN 221110	20	0,1
vrták Ø3,2 mm	ČSN 221121	20	0,1
upichovací nůž	ČSN 223554	45	0,05

Na stroji bychom tedy nastavili 4500 min⁻¹ a posuv 227 mm/min, jelikož tyto otáčky není soustruh schopen vyvinout, musíme použít menší řezné rychlosti. A to rychlost 50 m.min⁻¹, které se používají pro větší posuvy na otáčku. Pro tuto rychlost nastavíme n=2240 min⁻¹ a posuvovou rychlost v_f=250 mm/min. Začneme zarovnáním čela. V dalším kroku bude soustružen vnější průměr 7 mm do délky 3 mm.

V další operaci zhotovíme díru o průměru 3,2 mm. Nejdříve bude použit navrtávák o průměru 3 mm z HSS. Pro tento nástroj je vhodná řezná rychlost 20–35 m.min⁻¹ a posuv 0,1 mm/min. Navrtávat se bude do hloubky 2 mm.

V další operaci se bude vrtat díra o průměru 3,2 mm. Na zhotovení bude použit šroubovitý vrták z rychlořezné oceli dle ČSN 221182 o průměru 3,2 mm a to do hloubky 3,5 mm. Pro tento nástroj bude použita stejná řezná rychlost a posuv na otáčku, což znamená otáčky n=1800 min⁻¹ a ruční posuv z důvodu nutnosti vyjízdy z díry kvůli odvodu třísky (teoretická posuvová rychlost v_f=180 mm/min).

Na poslední operaci využijeme upichovací nůž z rychlořezné oceli a šířkou záběru ostří a_p=3 mm. Pro tento nástroj se řezná rychlost pohybuje ve stejném rozmezí jako u zahnutého

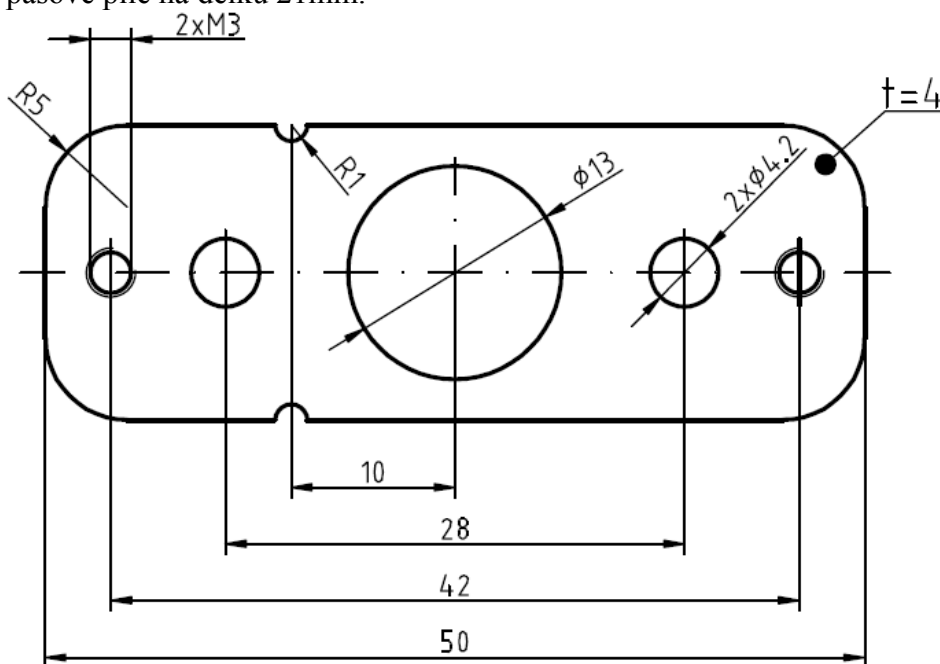
uběracího nože, což znamená nastavení stejných řezných podmínek. Tímto nožem se celá součást upíchne a to na celkovou délku 2 mm.

Tab. 5.6 Technologický postup kusové výroby součásti podložka M3.

č. op.	stroj	popis	nástroj
1	SV 18R	zarovnat čelo soustružit vnější Ø7 mm do délky 3 mm navrtat vrtat díru Ø3,2 mm do hloubky 3,5 mm upichnout na celkovou délku 2 mm	zahnutý nůž- HSS navrtávák Ø3 mm- HSS vrták Ø3,2 mm- HSS upichovací nůž- HSS
2	kontrola		

SVORKA IZOLACE

Jedná se o ocel 11 375. Jako polotovar použijeme tyč o rozměru 60x6 mm. Materiál nejdříve řezeme na pásové pile na délku 21mm.



Obr. 19 Výkres svorky izolace

Po řezu bude následovat operace frézování. Jako stroj využijeme universální frézku FNGJ 40. Na chlazení a odvod třísky bude použita řezná kapalina. Nejdříve bude frézována síla z obou stran na konečnou sílu 4 mm. Použijeme na to frézu o průměru 30 mm z rychlořezné oceli. Pro tento nástroj je optimální řezná rychlost $30 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$, proto zvolíme na stroji otáčky:

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{30 \cdot 1000}{\pi \cdot 30} = 315 \text{ min}^{-1}$$

315 min^{-1} . Při posuvu na zub 0,1 mm bude rychlost posuvu:

$$v_f = n \cdot f \cdot z = 315 \cdot 0,1 \cdot 5 = 157,5 \text{ mm/min} \Rightarrow 160 \text{ mm/min}$$

$$L = l_n + l + l_p + D = 2 + 50 + 2 + 30 = 84 \text{ mm}$$

$$t_{AS} = \frac{2 \cdot L}{v_f} = \frac{2 \cdot 84}{160} = 1,05 \text{ min}$$

Tab. 5.7 Použité nástroje a jejich řezné rychlosti a posuvy pro součást svorka izolace [4,29]

nástroj	norma	vc	f
fréza čelní Ø30x45 (z=5)	ČSN 222130	30	0,102
fréza tvarová R5 (z=4)	DIN 6518	30	0,1
fréza čelní Ø2	ČSN 222130	30	0,006
válcový vrták Ø2,5 mm	ČSN 221121	25	0,04
vrták Ø4,2	ČSN 221121	25	0,1
vrták Ø13	ČSN 221121	25	0,2
Závitník ruční M3x0,5	ČSN 223043		

Obrobek bude upnut ve svěráku. Po dokončení této operace bude následovat zúhlování součásti na hotový rozměr 50x18 mm.

Dále bude nutné zaoblit rohy na požadovaný rozměr R5. K tomu bude použita tvarová fréza rádiusová čtvrtkruhová R5 dle DIN 6518. Řezná rychlost je 30 m.min⁻¹. Otáčky a posuvová rychlost pro tento nástroj budou zvoleny:

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{30 \cdot 1000}{\pi \cdot 16} = 596 \text{ min}^{-1} \Rightarrow 500 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = n \cdot f \cdot z = 500 \cdot 0,1 \cdot 4 = 200 \text{ mm/min}$$

V následné operaci se vyfrézují R1 dle požadovaných rozměrů. Použita bude fréza o průměru 2 mm z HSS (z=2), na kterou je potřeba použít n=4700 min⁻¹, což je mimo rozsah nastavitelných otáček vřetene, proto nastavíme nejvyšší otáčky a to n=3150 min⁻¹. Optimální posuv na zub je 0,01 mm a tedy posuvovou rychlost v_f=63 mm/min.

Po dokončení frézovacích operací se obrobek přesune na zámečnické pracoviště. Nejprve bude potřeba pomocí rýsovací jehly a pravítka součást orýsovat a následně vyvrtat díry. Pro tyto operace bude použita stojanová vrtačka VS20A. Budou použity vrtáky z rychlořezné oceli, pro které je vhodná řezná rychlost 25–30 m.min⁻¹. Při vrtání děr pro závit M3 bude použit šroubovitý vrták z HSS dle ČSN 221121 o průměru D=2,5 mm. Pro průměr 2,5 jsou tedy vhodné otáčky:

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{25 \cdot 1000}{\pi \cdot 2,5} = 3183 \text{ min}^{-1} \Rightarrow 2800 \text{ min}^{-1}$$

Jelikož není možné, aby tento stroj tak vysoké otáčky vyvinul, budou nastaveny nejvyšší možné otáčky vřetene a to n=2800 min⁻¹. Posuv na otáčku je 0,04 mm, tedy posuvová rychlost:

$$v_f = n \cdot f = 2800 \cdot 0,04 = 112 \text{ mm/min}$$

Jako další budou vrtány díry o průměru 4,2 mm. Na tento šroubovitý vrták zvolíme otáčky n=1800 min⁻¹ a posuv na otáčku 0,1 mm. Jako poslední bude vrtána díra o průměru 13 mm a to otáčkami n=450 min⁻¹. Doporučený posuv na otáčku je 0,2 mm (viz Příloha 1), což odpovídá 90 mm/min.

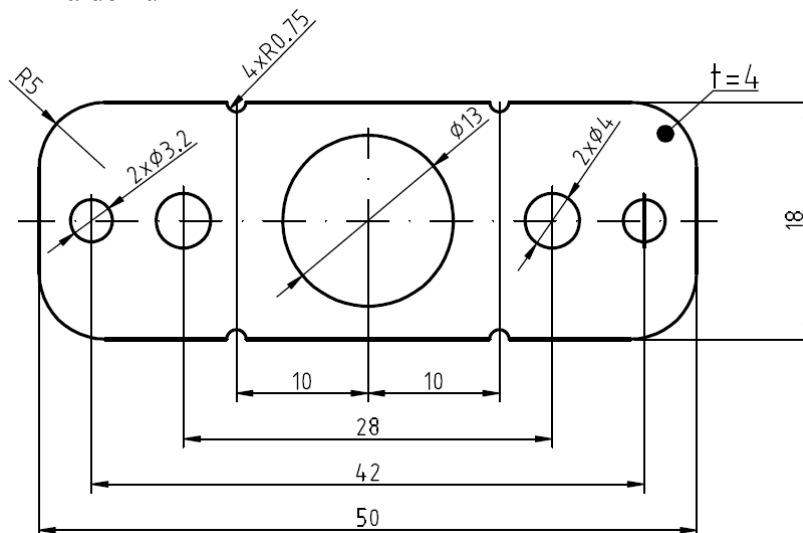
Jako poslední operace bude řezání závitu M3 pomocí ručního závitníku z HSS M3x0,5. Následovat bude konečná úprava a kontrola.

Tab. 5.8 Technologický postup kusové výroby součásti svorka izolace

č. op.	stroj	popis	nástroj
1	pásová pila	řezat na rozměr 53x22x6	
2	FNGJ 40	frézovat sílu hotově zúhlovat na rozměr 50x18 zaoblit rohy na R5 frézovat 2x R1	fréza čelní Ø30 (z=5) fréza čelní Ø30 (z=5) fréza tvarová R5 (z=4) fréza čelní Ø2
3	VS20A sloupová vrtačka	orýsovat součást vrtat 2x díru Ø2,5 mm vrtat 2x díru Ø 4,2 mm vrtat díru Ø 13 mm	válcový vrták HSS Ø 2,5 mm vrták HSS Ø 4,2 mm vrták HSS Ø 13 mm
4	zámečníci	řezat závit M3	Závitník ruční HSS M3x0,5
5	kontrola	kontrolovat	

SVORKA TRYSKY

Materiálem je konstrukční ocel 11 375. Polotovár se bude řezat na pásové pile z tyče o rozměru 60x6 mm na délku 21 mm



Obr. 20 Výkres svorky trysky

Po řezu se polotovár přesune na frézarské pracoviště. Obrábět se bude na universální frézce FNGJ 40. Jako chlazení využijeme řeznou kapalinu, která bude sloužit také na odvod třísky. Polotovár bude upnut ve svěráku. Jako první se bude frézovat síla z obou stran na hotovou míru 4 mm. K tomu bude využita stopková fréza o průměru 30 mm z rychlořezné oceli dle ČSN 222130 (počet zubů $z=3$). Pro ni je vhodná řezná rychlost $v_c=30 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ a posuv na zub 0,1 mm (viz tab. 5.9). Z těchto údajů lze stanovit otáčky vřetene a posuvovou rychlost:

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{30 \cdot 1000}{\pi \cdot 30} = 315 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = n \cdot f \cdot z = 315 \cdot 0,1 \cdot 5 = 157,5 \text{ mm/min} \Rightarrow 160 \text{ mm/min}$$

$$L = l_n + l + l_p + D = 2 + 50 + 2 + 30 = 84 \text{ mm}$$

$$t_{AS} = \frac{2 \cdot L}{v_f} = \frac{2 \cdot 84}{160} = 1,05 \text{ min}$$

Tab. 5.9 Použité nástroje a jejich řezné rychlosti a posuvy pro součást svorka trysky [4,29]

nástroj	norma	vc	f
fréza čelní Ø30x45 (z=5)	ČSN 222130	30	0,1
fréza tvarová R5 (z=4)	DIN 6518	30	0,1
fréza čelní Ø1,5 mm	ČSN 222130	30	0,006
válcový vrták Ø3,2 mm	ČSN 221121	25	0,05
vrták Ø4 mm	ČSN 221121	25	0,1
vrták Ø13 mm	ČSN 221121	25	0,12

Po dokončení frézování síly je dále potřeba zúhlovat polotovár na hotový rozměr 50x18 mm. Dále se provede výměna nástroje na stopkovou rádiusovou frézu čtvrtkruhovou o poloměru zaoblení R5 dle DIN 6518 (o průměru D=16 mm). Pro ni je vhodná stejná řezná rychlost a posuv na zub (počet zubů z=4). Nastavit je tedy potřeba:

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{30 \cdot 1000}{\pi \cdot 16} = 596 \text{ min}^{-1} \Rightarrow 500 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = n \cdot f \cdot z = 500 \cdot 0,1 \cdot 4 = 200 \text{ mm/min}$$

V poslední operaci na tomto pracovišti se zhotoví 4x R0,75 dle rozměrů na výkresu. K tomu bude využita fréza z rychlořezné oceli o průměru 1,5 mm dle ČSN 222130 (počet zubů z=2). Při stejné řezné rychlosti by bylo potřeba nastavit otáčky $n=6369 \text{ min}^{-1}$, které jsou mimo rozsah otáčkové řady stroje. Proto budou zvoleny nejvyšší možné otáčky $n=3150 \text{ min}^{-1}$. Posuv na zub je pro tento nástroj 0,005 mm, což odpovídá posuvové rychlosti $v_f=32 \text{ mm/min}$.

Po dokončení frézářských operací se obrobek přesune na zámečnické pracoviště, kde se nejdříve pomocí rýsovací jehly a pravítka orýsuje a následně vyvrtá. Použita na to bude sloupová vrtačka VS20A. K chlazení s odvodu třísky bude použita řezná kapalina. Vše bude upnuto ve svěráku.

Nejdříve se budou vrtat díry o průměru 3,2 mm pomocí šroubovitého vrtáku z rychlořezné oceli dle ČSN 221121. Díry budou vrtány skrz. Pro něj je vhodná řezná rychlost 25–30 $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ a posuv na otáčku 0,05 mm (viz tab. 5.9). Z toho lze odvodit otáčky a posuvovou rychlost

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{25 \cdot 1000}{\pi \cdot 3,2} = 2488 \text{ min}^{-1} \Rightarrow 2800 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = n \cdot f = 2800 \cdot 0,05 = 140 \text{ mm/min}$$

Další budou vyvrtány díry o průměru 4 mm skrz. Zde bude také použit šroubovitý vrták z rychlořezné oceli o průměru 4 mm dle ČSN 221121. Při využití stejné řezné rychlosti budou vhodné otáčky $n=1800 \text{ min}^{-1}$. Posuv na otáčku může být zvýšen na 0,08 mm. Z toho plyne posuvová rychlost $v_f=140 \text{ mm/min}$.

Jako poslední bude vrtána díra o průměru 13 mm, která bude také vrtána skrz. Na to bude použit šroubovitý vrták o průměru 13 mm dle ČSN 221121. Jelikož bude také vyroben z rychlořezné oceli, bude i pro něj platit stejná řezná rychlost. Zvýšen bude jenom posuv na otáčku na 0,12 mm. Z těchto údajů lze stanovit otáčky $n=710 \text{ min}^{-1}$ a posuvovou rychlost $v_f=90 \text{ mm/min}$.

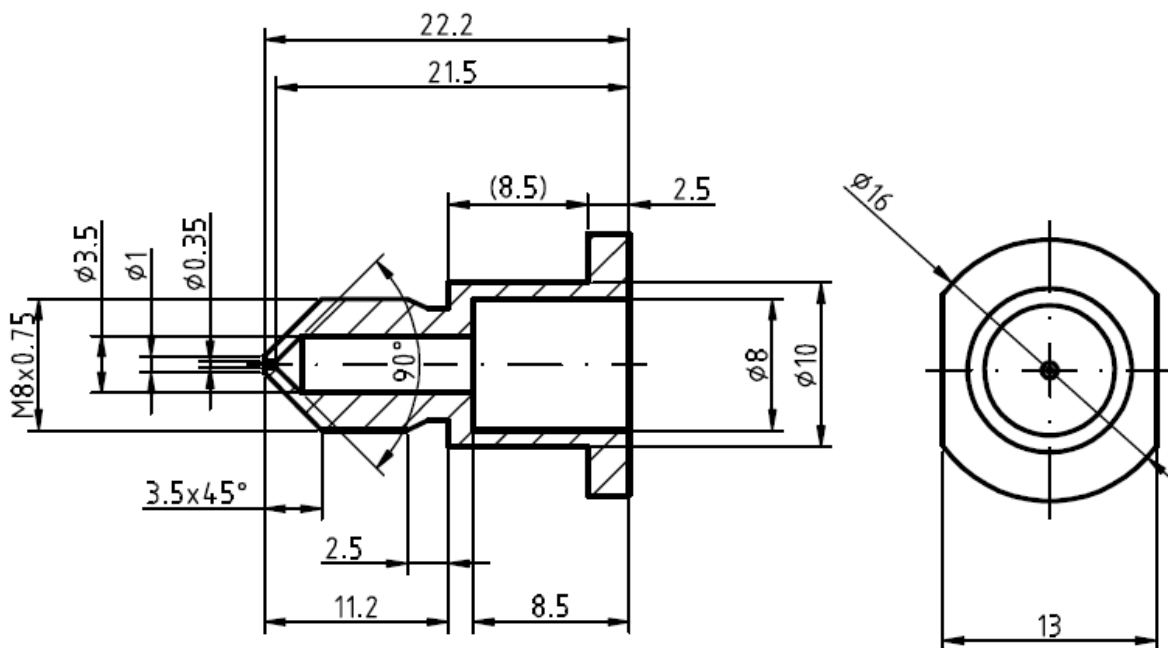
Po dokončení vrtání bude následovat celková konečná úprava kontrola.

Tab. 5.10 Technologický postup kusové výroby součásti svorka trysky.

č. op.	stroj	popis	nástroj
1	pásová pila	řezat na rozměr 53x22x6	
2	frézka konzolová	frézovat sílu hotově zúhlovat na rozměr 50x18 zaoblit rohy na R5 frézovat 4x R0,75	fréza čelní Ø30 (z=5) fréza čelní Ø30 (z=5) fréza tvarová R5 (Ø16 mm) fréza čelní Ø1,5
3	zámečníci	orýsovat	
4	VS20A	vrtat 2x díru Ø 3,2 mm vrtat 2x díru Ø4 mm vrtat díru Ø 13 mm	válcový vrták HSS Ø3,2 mm vrták HSS Ø4 mm vrták HSS Ø13 mm
5	kontrola	kontrolovat	

TRYSKA

Materiálem polotovaru je mosazná tyč Ms 58 o průměru 18 mm. Polotovaru se bude řezat na pásové pile přířezy o délce 26 mm.



Obr. 21 Výkres trysky

Po přípravě přířezu se polotovaru přesune na soustružnické pracoviště, konkrétně na soustruh SV 18R, kde se provedou všechno soustružnické operace. Polotovaru bude upnut v univerzálním sklíčidle. K chlazení bude použita řezná kapalina.

Na první operaci bude použit ohnutý uběrací nůž z rychlořezné oceli. Pro tento nástroj je doporučená řezná rychlost 20–40 m.min⁻¹ a posuv na otáčku 0,2 mm (viz tab. 5.11). Nejdříve zarovnáme čelo. Pokud zvolíme řeznou rychlost 25 m.min⁻¹ znamená to otáčky n=900 min⁻¹ a posuvovou rychlost v_f=180 mm/min.

Tab. 5.11 Použité nástroje a jejich řezné rychlosti a posuvy pro součást tryska [4,29]

nástroj	norma	vc	f
zahnutý uběrací	ČSN 223520	25	0,2
zapichovací nůž	ČSN 223550	25	0,1
stranový nůž	ČSN 223524	25	0,05
vrták Ø0,35 mm	ČSN 221121	60	0,01
navrtávák Ø 3 mm	ČSN 221110	26	0,05
vrták Ø 3,5x39	ČSN 221121	30	0,05
vrták Ø 8 mm	ČSN 221121 -90°	60	0,15
záhlubník Ø 8 mm	ČSN 221604	28	0,1
fréza Ø 12 mm	ČSN 222130	25	0,03
závitník	ČSN 223043		

Následně budeme obrábět vnější průměr 8 mm s přídavkem 0,5 mm do délky 11,2 mm. Pro tento úkon bude použit uběrací nůž stranový z rychlořezné oceli. Pro něj platí stejná řezná rychlost, tedy i stejné otáčky vřetene $n=900 \text{ min}^{-1}$ a stejná posuvová rychlost $v_f=180 \text{ mm/min}$.

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{25 \cdot 1000}{\pi \cdot 8} = 995 \text{ min}^{-1} \Rightarrow 900 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = n \cdot f = 900 \cdot 0,2 = 180 \text{ mm/min}$$

Pro hrubování zvolíme šířku záběru $a_p=1,5 \text{ mm}$, což znamená, že při soustružení na hrubo bude materiál odebrán na 3 třísky. Pro dokončovací operaci bude zvýšena řezná rychlost na 30 m.min^{-1} a snížen posuv na otáčku na $0,05 \text{ mm}$. Budou tedy nastaveny otáčky $n=1120 \text{ m.min}^{-1}$ a posuvová rychlost $v_f=56 \text{ mm/min}$.

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{30 \cdot 1000}{\pi \cdot 8} = 1194 \text{ min}^{-1} \Rightarrow 1120 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = n \cdot f = 1120 \cdot 0,05 = 56 \text{ mm/min}$$

V další operaci bude zhotoven kužel $3 \times 45^\circ$. Požit bude stejný nástroj a stejné parametry posuvu a otáček.

Na zhotovení výběhu pro závit bude použit zapichovací nůž z rychlořezné oceli. Pro tento nůž bude použita řezná rychlost 25 m.min^{-1} , což odpovídá otáčkám $n=900 \text{ min}^{-1}$. Posuv na otáčku bude $0,05 \text{ mm}$. bude použit ruční posuv (teoretická hodnota $v_f=45 \text{ mm/min}$).

Pro zhotovení díry o průměru $0,35 \text{ mm}$ bude požit vrták z rychlořezné oceli dle DIN 338. Pro tento vrták je teoretická řezná rychlost 60 m.min^{-1} (viz Příloha 1), což znamená otáčky $n=54595 \text{ min}^{-1}$. Posuv na otáčku $0,01 \text{ mm}$. Takové otáčky nelze na tomto stroji nastavit, proto se použijí otáčky $n=2800 \text{ min}^{-1}$. Tomu se bude muset přizpůsobit také posuvová rychlost $v_f=28 \text{ mm/min}$. Vrtat se bude do hloubky $1,2 \text{ mm}$.

Součást se otočí a upne se za vnější průměr 8 mm . Nejprve se zarovná čelo na hotovou míru $22,2 \text{ mm}$. K tomu bude použit ohnutý uběrací nůž z HSS, který byl použit na první soustružnickou operaci. Pro něj platí stejné řezné podmínky, tedy otáčky $n=900 \text{ min}^{-1}$ a posuvová rychlost $v_f=180 \text{ mm/min}$.

Pro soustružení vnější tvarů součásti bude použit zapichovací nůž z rychlořezné oceli, kde šířka záběru ostří $a_p=3 \text{ mm}$. Tento nůž musí být použit z důvodu obrábění v těsné blízkosti vřetene, kde by jiný nůž nebylo možné použít. Pro průměr 16 mm bude použita řezná rychlost 25 m.min^{-1} (viz Příloha 1), což otáčkám $n=450 \text{ min}^{-1}$. Posuv na otáčku $0,1 \text{ mm}$ pro hrubování, což tedy odpovídá posuvové rychlosti $v_f=45 \text{ mm/min}$. soustružit se bude v příčném směru. Pro hrubování se nechává přídavek $0,5 \text{ mm}$.

Pro průměr 10 mm budou použity (pro stejný nástroj) použity otáčky $n=710 \text{ min}^{-1}$. Tomu bude odpovídat posuvová rychlost $v_f=80 \text{ mm/min}$. Přídavek pro hrubování bude činit 0,5 mm. Pro soustružení na čisto bude zvýšena řezná rychlost na $30 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$, což zvýší otáčky vřetene na $n=560 \text{ min}^{-1}$ (pro průměr 16 mm) a $n=900 \text{ min}^{-1}$ (pro průměr 10 mm). Posuv na otáčku se naopak sníží, pro docílení lepšího povrchu na 0,05 mm. Pro průměr 16 mm se $v_f=30 \text{ mm/min}$ a pro průměr 10 mm se $v_f=50 \text{ mm/min}$.

Následně bude součást navrtávána do hloubky 3 mm. Použit bude navrtávák o průměru 3 mm. Pro vrtání do mosazi pomocí nástrojů z HSS je vhodná řezná rychlost $60\text{--}70 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$. Pro tento použitý průměr to znamená otáčky $n=6369 \text{ min}^{-1}$. Ty nejsou v rozsahu otáčkové řady stroje, proto budou použity nejvyšší možné otáčky tedy $n=2800 \text{ min}^{-1}$. Posuv na otáčku bude 0,05 mm, což znamená posuvovou rychlost 140 mm/min .

Pro vrtání díry použijeme vrták z HSS o průměru 3,5 mm a úhlem nastavení hlavního ostří $\kappa_r=45^\circ$. Jelikož je poměr délky díry větší než šestinásobek průměru, je nutné snížit řeznou rychlost o 40%. Pro tento nástroj bude tedy $v_c=36 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$, což znamená otáčky $n=3275 \text{ min}^{-1}$. Z důvodu omezení stroje se musí snížit na 2800 min^{-1} . Posuv na otáčku je doporučen 0,05 mm, což znamená posuvovou rychlost $v_f=140 \text{ mm/min}$. Vrtat se bude do hloubky 21,5 mm.

Jako další se bude vrtat díra o průměru 8 mm. Na ni bude použit vrták z HSS, pro který platí stejné doporučené řezné rychlosti. Otáčky budou mít hodnotu $n=2240 \text{ min}^{-1}$. A posuv na otáčku bude 0,15 mm (viz Příloha 1), což znamená posuvovou rychlost $v_f=336 \text{ mm/min}$. Vrtat se bude hloubky 8 mm.

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{60 \cdot 1000}{\pi \cdot 8} = 2368 \text{ min}^{-1} \Rightarrow 2240 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = n \cdot f = 2240 \cdot 0,15 = 336 \text{ mm/min} \Rightarrow 336 \text{ mm/min}$$

Na zahloubení díry použijeme záhlubník o průměru 8 mm s vodícím čepem dle ČSN 221604. Pro něj je doporučena řezná rychlost $28\text{--}80 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ a posuv na otáčku 0,1–0,12 mm. Otáčky je možné nastavit na $n=1120 \text{ min}^{-1}$ a posuvovou rychlost na $v_f=110 \text{ mm/min}$. Díra bude zahloubena do hloubky 8,5 mm.

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{30 \cdot 1000}{\pi \cdot 8} = 1194 \text{ min}^{-1} \Rightarrow 1120 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = n \cdot f = 1120 \cdot 0,1 = 112 \text{ mm/min} \Rightarrow 110 \text{ mm/min}$$

Po dokončení soustružnických operací se obrobek přesune na frézařské pracoviště, konkrétně na stroj FGNJ 40, kde se provede zploštění na rozměr 13 mm. Jako nástroj bude použita stopková fréza o průměru 12 mm se třemi zuby dle ČSN 222132. Pro tento nástroj je vhodná řezná rychlost $25\text{--}30 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ a posuv na zub 0,014–0,07 mm (viz Příloha 1). Proto budou zvoleny otáčky $n=630 \text{ min}^{-1}$ a posuvovou rychlost $v_f=63 \text{ mm/min}$ (posuv na zub $f_z=0,03 \text{ mm}$).

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{25 \cdot 1000}{\pi \cdot 12} = 663 \text{ min}^{-1} \Rightarrow 630 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = n \cdot f \cdot z = 630 \cdot 0,03 \cdot 3 = 56,7 \text{ mm/min} \Rightarrow 63 \text{ mm/min}$$

Nejdříve se bude frézovat na hrubo s přídavkem 0,5 mm a následně na čisto. Ke chlazení a odvodu třísky bude použita řezná kapalina. Obrobek bude upnut v univerzálním sklíčidle, které bude upnuto ke stolu.

Po dokončení bude obráběná tryska přesunuta na zámečnické pracoviště, kde bude zhotoven závit M8x0,75. Jako nástroj bude použita závitová kruhová čelist dle DIN 22568.

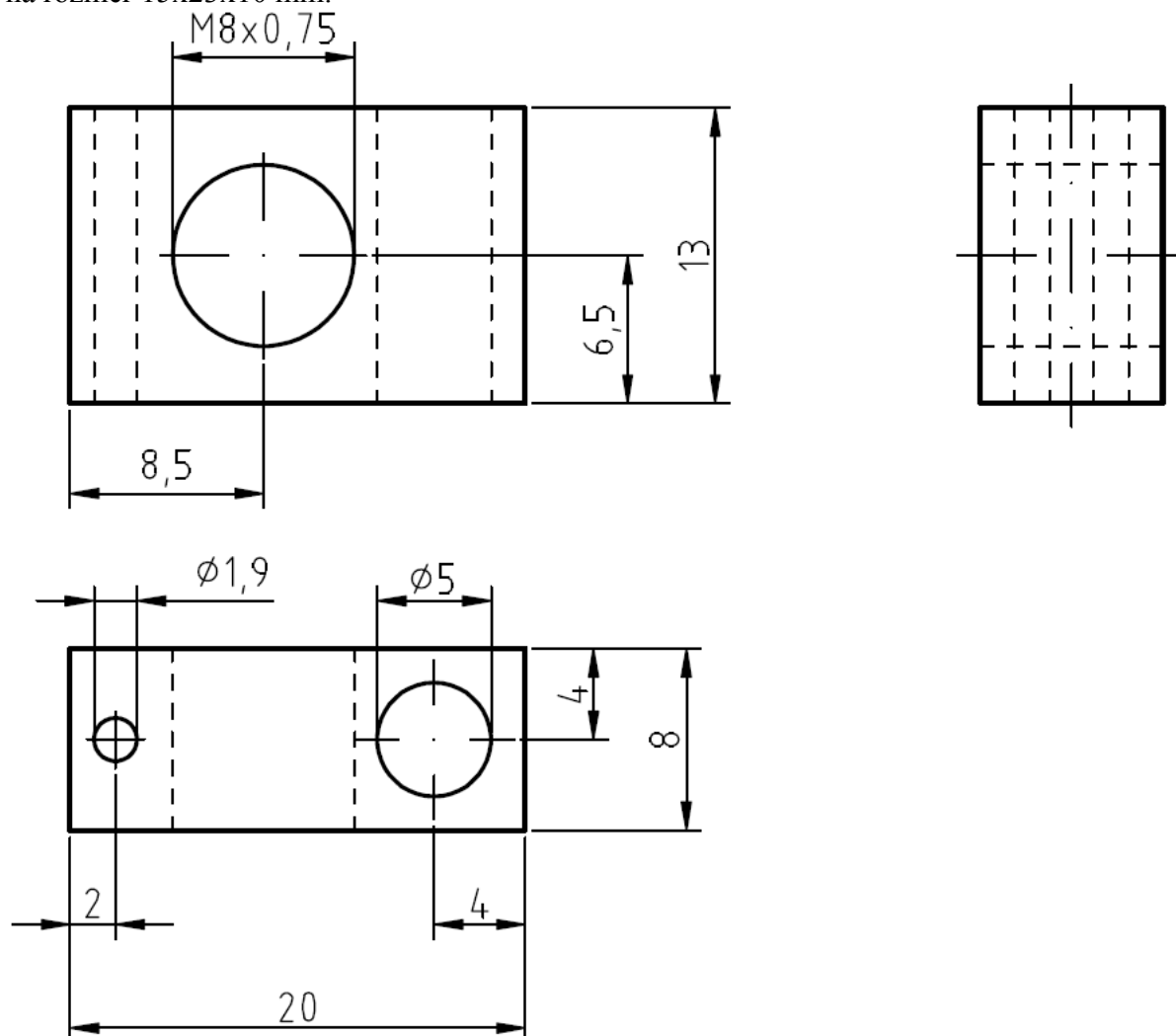
Následně bude provedena konečná úprava a kontrola.

Tab. 5.12 Technologický postup kusové výroby součásti tryska.

č. op.	stroj	popis	nástroj
1	pásová pila	řezání materiálu Ø18x24 mm	
2	hrotový soustruh	upnout zarovnat čelo soustružit vnější Ø8 mm do délky 11,2 mm soustružit výběh závitu soustružit kužel s vrcholovým úhlem 90° vrtat díru Ø 0,35 mm do hloubky 3 mm otočit zarovnat čelo na celkovou délku 22,2 mm soustružit vnější Ø 16 mm do délky 2,8 mm soustružit vnější Ø 10 mm do délky 8,5mm navrtat vrtat díru Ø 3,5 mm do hloubky 21,5 mm vrtat díru Ø8 mm do hloubky 8 mm zahлубit díru Ø 8 mm do hloubky 9,5 mm	zahnutý uběrací- HSS zapichovací nůž- HSS stranový nůž- HSS vrták Ø 0,35 mm- HSS Zapichovací nůž- HSS navrtávák Ø 3 mm- HSS vrták Ø 3,5x39 ČSN 221121- HSS vrták Ø 8 mm- HSS záhlubník Ø 8 mm ČSN 221604- HSS
3	konz. Frézka	frézovat zploštění 13 mm	fréza Ø 12 mm- HSS
4	zámečníci	řezat závit M8x0,75	Ruční závitová čelist M8x0,75

TOPNÉ TĚLESO

Materiálem topného tělesa je slitina hliníku AlCu4Mg1Mn1. Nejprve bude polotovar uřezán na rozměr 15x23x10 mm.



Obr. 22 Výkres topného tělesa

Obrobek se bude obrábět na konzolové svislé frézce FGNJ 40. Použita bude fréza z rychlořezné oceli dle ČSN 222130 o průměru 16 mm. Pro tento obráběný materiál je optimální řezná rychlost $110 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$, z čehož vyplývá, že bude potřeba nastavit 2000 min^{-1} . Posuv na zub je 0,1 mm (počet zubů $z=3$). Posuvová rychlost $v_f=630 \text{ mm/min}$. Obráběná součást bude upnuta ve svěráku.

Tab. 5.13 Použité nástroje a jejich řezné rychlosti a posuvy pro součást topné těleso [4]

čelní fréza Ø16 mm ($z=3$)	ČSN 222130	110	0,1
vrták Ø1,9 mm	ČSN 221121	70	0,06
vrták Ø 5 mm	ČSN 221122	70	0,12
vrták Ø 6,4 mm	ČSN 221123	70	0,15
závitník M8x0,75	DIN2181-0300		

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{110 \cdot 1000}{\pi \cdot 16} = 2188 \text{ min}^{-1} \Rightarrow 2000 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = n \cdot f \cdot z = 2000 \cdot 0,1 \cdot 3 = 600 \text{ mm/min} \Rightarrow 630 \text{ mm/min}$$

Nejdříve se ofrézuje síla na hotovou míru 8 mm. V dalším kroku bude potřeba zúhlovat součást na hotový rozměr 20x13 mm.

Obrobek se přesune na zámečnické pracoviště, kde se pomocí rýsovací jehly a pravítka orýsuje a následně vyvrtají díry. Vrtání se provede na sloupové vrtačce VS20A. Při řezném procesu vrtání bude použita řezná kapalina. Pro díru o průměru 1,9 mm bude použit šroubovitý vrták dle ČSN 221121. Jedná se o vrták z nástrojové oceli bez povlaku. Pro vrtáky z HSS je optimální řezná rychlost, pro vrtání do hliníku a jeho slitin, 70–85 m.min⁻¹ a posuv na otáčku 0,06 mm. Z těchto hodnot plynou otáčky $n=11\,727 \text{ min}^{-1}$ a posuvová rychlost $v_f=703 \text{ mm/min}$. Musíme vzít ale v úvahu poměr hloubky a průměru vrtané díry. Pokud přesáhne hloubka pětinasobek průměru, musíme snížit řeznou rychlost a posuv o 20–40%. Z toho plynou otáčky $n=7036 \text{ min}^{-1}$ a posuvová rychlost $v_f=253 \text{ mm/min}$. Tyto otáčky však není možné na tomto stroji nastavit, proto je nastavíme nejvyšší možné otáčky a to $n=2800 \text{ min}^{-1}$ a k tomu taky přizpůsobíme posuvovou rychlost $v_f=160 \text{ mm/min}$.

Na další díru použijeme vrták dle ČSN 221121 o průměru 5 mm, pro který jsou vhodné otáčky $n=4456 \text{ min}^{-1}$. Posuv na otáčku je 0,12 mm, čehož plyne posuvová rychlost $v_f=573 \text{ mm/min}$. Opět bude nutné snížit nastavit nejvyšší možné otáčky na stroji $n=2800 \text{ min}^{-1}$ a přizpůsobit posuvovou rychlost na $v_f=280 \text{ mm/min}$ (dle stroje).

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{70 \cdot 1000}{\pi \cdot 5} = 4456 \text{ min}^{-1} \Rightarrow 2800 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = n \cdot f = 2800 \cdot 0,12 = 336 \text{ mm/min} \Rightarrow 280 \text{ mm/min}$$

Na poslední díru je potřeba vrták dle ČSN 221121 o průměru 7,2 mm. Posuv na otáčku činí 0,25 mm. Pro něj jsou vhodné teoretické otáčky $n=3730 \text{ min}^{-1}$ a posuvová rychlost $v_f=559 \text{ mm/min}$. I v tomto případě je nutné snížení řezné rychlosti, a proto ponecháme nastavené stejné otáčky jako pro předcházející nástroj, tedy $n=2800 \text{ min}^{-1}$ a upravíme posuvovou rychlost na $v_f=700 \text{ mm/min}$.

Předposlední operací je řezání závitu pomocí ruční sady závitníků M8x0,75 dle DIN2181-0300.

Poslední operací bude závěrečná úprava kontrola.

Tab. 5.14 Technologický postup kusové výroby součásti topné těleso.

č. op.	stroj	popis	nástroj
1	pásová pila	řezat na rozměr 23x18x12	
2	Konzolová frézka	zúhlovat strany na rozměr 20x13x 8	čelní fréza Ø16 ČSN 222130(z=3)
3	zámečníci	orýsovat součást	
4	VS20A	vrtat díru Ø1,9 vrtat díru Ø 5 vrtat díru Ø 6,4 mm řezat závit M8x0,75	vrták HSS Ø 1,9 vrták HSS Ø 5 vrták HSS Ø 6,4 závitník M8x0,75
5	kontrola		

Chladič

Jako polotovar bude použito měděné víčko. Polotovar bude dodáván již ve zhotoveném tvaru, takže jediná obráběcí operace bude vyvrtání díry o průměru 13 mm. Obrábět se bude na stojanové vrtačce VS20A. Nejdříve bude nutné daný polotovar orýsovat.

Jako nástroj bude sloužit šroubovitý vrták o průměru $D=13$ mm z rychlořezné oceli. Pro tento nástroj je vhodná řezná rychlost $v_c=40 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ a posuv na otáčku $f=0,2 \text{ mm}$ [4], což znamená otáčky:

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{40 \cdot 1000}{\pi \cdot 13} = 980 \text{ min}^{-1} \Rightarrow 710 \text{ mm/min}$$

Na provrtání tak tenkého materiálu bude stačit ruční posuv. Materiál bude upnut v univerzálním sklíčidle.

Po vyvrtání bude následovat konečná úprava a kontrola.

Tab. 5.8 Technologický postup kusové výroby součásti chladič.

č. op.	stroj	popis	nástroj
1		orýsovat součást	
2	VS20A	vrtat díru Ø13 mm skrz	Vrták HSS Ø13 mm
3	kontrola		

6 SÉRIOVÁ VÝROBA

Velikost série byla určena na 100 kusů. Při sériové výrobě budou využity CNC stroje a také nástroje ze slinutého karbidu.

Izolace extruderu

Jako polotovar bude zvolena teflonová tyč o průměru 16 mm. Pro sériovou výrobu bude zvolen CNC soustruh Goodway GA 2600. Polotovar zde bude upnut v univerzálním sklíčidle. Materiál se nebude řezat ale upichovat. Pokud bude obrobek upnut vnějším průměrem 8 mm blíže ke sklíčidlu, bude možné součást vyrobit na jedno upnutí.

Jako chlazení bude použita řezná kapalina. Z důvodu malých průměrů a rozsahu využitelných otáček stroje postačovaly by i nástroje z rychlořezné oceli. Pro tento stroj však k dispozici nástroje ze slinutých karbidů, tak budou částečně využity. Pro nástroje z tohoto materiálu je možné využít řeznou rychlost $100 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ a posuv na otáčku 0,05 mm, což pro nejmenší vnější soustružený průměr znamená:

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{100 \cdot 1000}{\pi \cdot 8} = 3980 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = n \cdot f = 3980 \cdot 0,05 = 199 \text{ mm/min}$$

Tab. 6.1 Použité nástroje a jejich řezné rychlosti a posuvy pro součást izolace extruderu [4,28]

nástroj	materiál nástroje	vc	f
upichovací nůž	SK	100	0,05
navrtávák Ø3 mm	HSS	20	0,1
vrták Ø3,5 mm	HSS	20	0,08
kuželový záhlubník Ø8	HSS	20	0,04
upichovací nůž (ap=3 mm)	SK	100	0,05

Z toho vyplývá, že rozsah otáček je dostačující. Na tomto stroji je možné nastavit také konstantní řeznou, čehož se při programování bude využívat.

Na vrtání díry o průměru 3,5 mm, budou rovněž použity nástroje z HSS.

Tab. 6.2 Technologický postup sériové výroby součásti izolace extruderu.

č. op.	stroj	popis	nástroj
1	CNC soustruh	zarovnat čelo navrtat vrtat díru Ø 3,5 mm do hloubky 62 mm soustružit vnější průměr 13h11 mm soustružit vnější průměr $8^{+0,2}_{+0,1}$ mm upichnout součást na celkovou délku 59 mm	upichovací nůž navrtávák Ø3 mm vrták HSS Ø3,5 mm upichovací nůž
2	kontrola		

Izolace trysky

Polotovár se stejně jako u podložky M3 nebude řezat, ale upichovat. Jako polotovár bude zvolena tyč o průměru 16 mm. Součást se bude obrábět na CNC soustruhu Goodway GA 2600. Budou použity řezné nástroje ze slinutého karbidu a to upichovací nůž (stejný jako při obrábění podložky M3) a vrták o průměru $D=10$ mm. Při obrábění bude využita řezná kapalina. Řezná rychlost pro upichovací nůž je $v_c=100 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ a posuv na otáčku $f=0,05 \text{ mm}$. Tímto nástrojem se nejdříve zarovná čelo. Následně se vyvrtá díra. Řezná rychlost pro tento vrták je dle katalogu $v_c=110 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ a posuv na otáčku $f=0,26 \text{ mm}$. Z toho plynou otáčku a posuv:

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{100 \cdot 1000}{\pi \cdot 10} = 3503 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = n \cdot f = 3503 \cdot 0,26 = 910 \text{ mm/min}$$

Tab. 6.3 Použité nástroje a jejich řezné rychlosti a posuvy pro součást izolace trysky [4]

nástroj	materiál nástroje	vc	f
upichovací nůž (ap=2mm)	SK	100	0,05
vrták Ø10	SK	110	0,26
pilový kotouč 50x0,50x13		50	0,005

Vrtat se bude do hloubky 10,5 mm. Na vrtání bude využit vrtací cyklus, kde bude nastavena hloubka třísky 2 mm a to z důvodu dobrého odvodu třísky z místa řezu, aby se tříska nenatavovala.

Po vyvrtání bude použit znovu upichovací nůž, kterým se obrobí průměr 13 mm. a následně se součást upichne.

Po dokončení soustružnických operací bude součást přesunuta na svislou konzolovou frézku FGNJ 40, kde bude symetricky rozříznuta pomocí pilového kotouče z rychlořezné oceli 50x0,50x13 (s počtem zubů 48). Řezná rychlost pro tento kotouč je $50 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ a posuv na zub je 0,005 mm.

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{50 \cdot 1000}{\pi \cdot 50} = 318 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = n \cdot f \cdot z = 318 \cdot 0,005 \cdot 48 = 76 \text{ mm/min}$$

Jako poslední operace bude konečná úprava a kontrola.

Tab. 6.4 Technologický postup sériové výroby součásti izolace trysky.

č. op.	stroj	popis	nástroj
1	CNC soustruh	zarovnat čelo vrtat díru Ø10 H12 do hloubky 10,5 mm soustružit vnější Ø13 _{-0,1} mm do délky 4 mm upichnout součást na délku 7 mm	upichovací nůž-SK vrták Ø10-SK upichovací nůž-SK
2	FGNJ 40	rozříznout symetricky	pilový kotouč 50x0,50x13(z=48)
3	kontrola		

Podložka M3

Jako polotovár bude teflonová tyč o průměru 10 mm, jelikož se momentálně menší průměr u dodavatele nevyskytuje. Součást se bude obrábět na CNC soustruhu Goodway GA 2600. Budou použity nástroje ze slinutého karbidu. Materiál bude upnut v univerzálním sklíčidle a bude rovněž použita řezná kapalina.

Materiál se nebude řezat, ale upichovat jako v případě prototypu. Nejdříve se tedy zarovná čelo pomocí upichovacího nože od společnosti Pramet. Pro něj je vhodná řezná rychlost $v_c=100 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ a posuv na otáčku $f=0,05 \text{ mm}$. Na stroji se tedy nastaví otáčky:

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{100 \cdot 1000}{\pi \cdot 7} = 4547 \text{ min}^{-1} \Rightarrow 4000 \text{ min}^{-1}$$

Tab. 6.5 Použité nástroje a jejich řezné rychlosti a posuvy pro součást izolace trysky [28]

nástroj	materiál nástroje	vc	f
upichovací nůž	SK	100	0,05
vrták Ø3,2 mm	SK	50	0,09

Dále bude následovat operace vrtání díry o průměru 3,2 mm. Na zhotovení otvoru bude použit šroubovitý vrták rovněž od společnosti Pramet. Vrtat se bude do hloubky 3,5 mm. Pro tento nástroj je vhodná řezná rychlost $v_c=50 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ a posuv na otáčku 0,09 mm. Z toho plynou řezné podmínky:

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{50 \cdot 1000}{\pi \cdot 3,2} = 4973 \text{ min}^{-1} \Rightarrow 4000 \text{ min}^{-1}$$

Musejí být nastaveny maximální možné otáčky- tedy $n=4000 \text{ min}^{-1}$.

$$v_f = n \cdot f = 4000 \cdot 0,09 = 360 \text{ mm/min}$$

Po hotovení otvoru se pomocí upichovacího nože zhotoví vnější průměr 7 mm a následně se celá součást upichne na požadovanou délku 2 mm.

Tab. 6.6 Technologický postup sériové výroby součásti podložka M3.

č. op.	stroj	popis	nástroj
1	CNC soustruh	zarovnat čelo vrtat díru Ø3,2 mm do hloubky 3,5 mm soustružit vnější průměr 7 mm upichnout na celkovou délku 2 mm	upichovací nůž vrták SK Ø3,2 upichovací nůž
2	kontrola		

Svorka izolace

Jako polotovár bude pro tuto součást použita ocel tažená za studena, z důvodu, že se nebude obrábět síla materiálu, což nebude mít vliv na funkci. Rozměr polotovaru tedy bude 53x20x4 mm a to z důvodu použité tyče 20x4 mm. Jako další úprava pro zjednodušení výroby lze použít místo zaoblení rohů R5 použití zkosení 5x45°.

Nejdříve se tedy na konzolové svislé frézce FNGJ 40 ofrézuje obvod (včetně zkosení) na hotovou míru pomocí frézovací hlavy s vyměnitelnými břitovými destičkami o průměru $D=40 \text{ mm}$. Tento nástroj bude použit z důvodu, že bude možné obrábět více součástí

najednou. Ty budou upnuty ve svěráku. Jako chlazení bude použita řezná kapalina. Pro tento nástroj budou použity řezné podmínky:

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{126 \cdot 1000}{\pi \cdot 40} = 1002 \text{ min}^{-1} \Rightarrow 1000 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = n \cdot f \cdot z = 1000 \cdot 0,15 \cdot 4 = 600 \text{ mm/min} \Rightarrow 630 \text{ mm/min}$$

Tab. 6.7 Použité nástroje a jejich řezné rychlosti a posuvy pro součást svorka izolace [4,28,29]

nástroj	materiál nástroje	vc	f
rovinná fréza Ø40 mm (z=4)	SK	126	0,15
čelní fréza Ø2 mm (z=2)	HSS	19	0,005
vrták Ø2,5 mm	SK	80	0,08
vrták Ø4,2 mm	SK	80	0,11
vrták Ø13 mm	SK	80	0,28
závitník M3	HSS	12	

Vrtací operace budou provedeny na CNC obráběcím centru VMC 560. I zde budou použity nástroje ze slinutého karbidu. Lišit se budou pouze v průměrech. Na této součásti budou použity šroubovitě vrtáky o průměrech 2,5 mm, 4,2 mm a 13 mm. Použity budou také stejné řezné podmínky.

Po vyvrtání děr budou na stejném stroji vyřezány závity pomocí závitového cyklu. Nástrojem bude závitník M3.

Tab. 6.8 Technologický postup sériové výroby součásti svorka izolace.

č. op.	stroj	popis	nástroj
1	pásová pila	řezat na rozměr 53x20x4 mm	
2	konzolová frézka FNG 32	frézovat obvod hotově	rovinná fréza Ø40 mm-SK (z=4) čelní fréza Ø2 mm (z=2)
3	CNC frézka VMC 560	vrtat díry skrz řezat závit M3	vrták Ø2,5 mm vrták Ø4,2 mm vrták Ø13 mm závitník M3
4	kontrola		

Svorka trysky

Postup bude téměř identický, jako u součásti svorka trysky. Také zde je možné použít zkosení 5x45° místo původního R5. Zhotovení obvodu bude rovněž provedeno na konzolové frézce FGNJ 40. Rozdíl v technologii výroby součásti pro toto pracoviště bude pouze při frézování obvodu, kdy bude použita fréza o průměru D=1,5 mm., pomocí které budou zhotoveny R0,75. Následovat bude frézování R0,75, na které bude použita fréza z HSS.

Tab. 6.9 Použité nástroje a jejich řezné rychlosti a posuvy pro součást svorka trysky [4,28]

nástroj	materiál nástroje	vc	f
rovinná fréza Ø40 mm (z=4)	SK	126	0,15
čelní fréza Ø1,5 mm (z=2)	HSS	19	0,005
vrták Ø3,2 mm	SK	80	0,08
vrták Ø4 mm	SK	80	0,11
vrták Ø13 mm	SK	80	0,28

Při použití stejné řezné rychlosti se budou otáčky pohybovat na úrovni 6000 až 7000 min⁻¹, což není možné daného stroje nastavit. Proto budou zvoleny maximální otáčky ($n=3150 \text{ min}^{-1}$) a k tomu vhodný posuv na zub, tedy $v_c=18,85 \text{ m.min}^{-1}$ a $f_z=0,005 \text{ mm}$.

$$v_f = n \cdot f \cdot z = 3150 \cdot 0,005 \cdot 2 = 31,5 \text{ mm/min} \Rightarrow 32 \text{ mm/min}$$

Vrtací operace budou provedeny na stroji VMC 560. Jedná se o CNC frézku od společnosti ZPS. Jako nástroje budou použity vrtáky ze slinutého karbidu od firmy Pramet. Vrtáky nejsou přizpůsobeny pro vnitřní chlazení, protože jej není možné na tomto stroji využít. Pro něj je vhodná řezná rychlost $v_c=80\text{--}120 \text{ m.min}^{-1}$ musí se však vzít v úvahu maximální počet otáček, který je stroj schopen vyvinout ($n=6000 \text{ min}^{-1}$). Pro průměr 3,2 mm se posuv na otáčku $f=0,08 \text{ mm}$, pro průměr 4 mm $f=0,11 \text{ mm}$ a pro průměr 13 mm se $f=0,28 \text{ mm}$.

Tab. 6.10 Technologický postup sériové výroby součásti svorka trysky.

č. op.	stroj	popis	nástroj
1	pásová pila	řezat na rozměr 53x20x4 mm	
2	FNG 32	frézovat obvod hotově	rovinná fréza SK Ø40 mm (z=4) čelní fréza HSS Ø1,5 mm (z=2)
3	VMC 560	vrtat díry skrz	vrták Ø3,2 mm- SK vrták Ø4 mm- SK vrták Ø13 mm- SK
4	kontrola		

Tryska

Tato součást se bude rovněž obrábět na CNC soustruhu Goodway GA 2600 z důvodu tvarové složitosti a potřeba většího počtu nástrojů. Polotovár bude upnut v univerzálním sklíčidle. Materiál se nebude řezat, ale upichovat. I zde bude také použita řezná kapalina k odvodu tepla a třísky.

Řezné rychlosti pro hrubování mosazi jsou $v_c=80\text{--}200 \text{ m.min}^{-1}$ a posuvy na otáčku do 2 mm.

Tab. 6.11 Použité nástroje a jejich řezné rychlosti a posuvy pro součást tryska [4,28]

nástroj	materiál nástroje	vc	f
upichovací nůž	SK	80	0,1
uběrací nůž stranový	SK	80	0,5
vrták Ø0,35 mm	HSS	60	0,01

závitový nůž	SK		
vrták Ø3,5 mm)	HSS	36	0,05
záhlubník Ø10 mm	HSS	28	0,1
fréza Ø 12 mm (z=3)	HSS	25	0,03

Pro soustružení na čisto jsou vhodné řezné rychlosti $v_c=100\text{--}300\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ pro nástroje ze slinutého karbidu.

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{100 \cdot 1000}{\pi \cdot 8} = 3980 \text{ min}^{-1}$$

Nejdříve se zarovná čelo a vysoustruží vnější tvary s přídkem 0,5 mm při řezné rychlosti $80\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ a posuvu na otáčku 0,5 mm. použít bude nástroj ze slinutého karbidu.

Pro dokončení bude také použit nástroj z SK. Pro něj se nastaví vyšší řezná rychlost $v_c=100\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$. Vyšší řezná rychlost pro tyto průměry nelze na daném stroji použít. A posuv na otáčku $f=0,05\text{ mm}$. Dále se vyvrtá díra o průměru 0,35 mm a vyřeže závit M8x0,75. Následně se součást upíchne na celkovou délku 22,2 mm.

Po otočení součásti se obrobek upne za vnější průměr 10 mm. následně budou provedeny vrtací operace. Nejprve to bude díra o průměru 3,5 mm pomocí šroubovitého vrtáku s vrcholovým úhlem 90° . A následně bude zahloubena na průměr 10 mm.

Po dokončení těchto operací bude provedeno zploštění na průměru 12 mm a to na konzolové frézce FGNJ 40.

Tab. 6.12 Technologický postup sériové výroby součásti tryska.

č. op.	stroj	popis	nástroj
1	CNC soustruh	zarovnat čelo soustružit Ø16 mm s přídkem 0,5mm do délky 22,2 mm soustružit Ø10 mm s přídkem 0,5mm do délky 19,7 mm soustružit Ø8 mm s přídkem 0,5mm do délky 11,2 mm soustružit sražení 3,5x45° soustružit výběh závitu soustružit na čisto Ø8 pod závit vrtat díru Ø 0,35 do hloubky 1mm soustružit na čisto Ø16 mm soustružit na čisto Ø10 mm soustružit závit M8x0,75 upichnout vrtat díru Ø 3,5 mm do hloubky 21,5 mm zahloubit díru na Ø 10 do hloubky 8,5 mm	upichovací nůž-SK uběrací nůž stranový-SK uběrací nůž ohnuty-SK uběrací nůž stranový-SK vrták Ø0,35 HSS uběrací nůž stranový-SK závitový nůž-SK upichovací nůž-SK vrták Ø3,5 HSS(90) záhlubník Ø10 mm
2	FGNJ 40	frézovat zploštění na rozměr 13 mm	fréza Ø 12- HSS
3		kontrola	

Topné těleso

Hliníková slitina bude nejdříve nařezána na rozměr 23x15x10 mm. Pak bude frézována na svislé konzolové frézce FGJ 40 pomocí stopkové frézy z rychlořezné oceli o průměru $D=16$ mm. Pro ni je vhodná řezná rychlost $v_c=110$ m.min⁻¹ a posuv na zub 0,1 mm (počet zubů $z=3$). Řezné podmínky tedy budou:

Tab. 6.13 Použité nástroje a jejich řezné rychlosti a posuvy pro součást topné těleso [4,29]

nástroj	materiál nástroje	v_c	f
čelní fréza Ø16 mm ($z=3$)	HSS	110	0,1
vrták Ø1,9 mm	HSS	42	0,036
vrták Ø5 mm	HSS	70	0,12
vrták Ø7,3mm	HSS	70	0,2
závitník M8x0,75	HSS	12	

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{110 \cdot 1000}{\pi \cdot 16} = 2188 \text{ min}^{-1} \Rightarrow 2000 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = n \cdot f \cdot z = 2000 \cdot 0,1 \cdot 3 = 600 \text{ mm/min} \Rightarrow 630 \text{ mm/min}$$

Materiál bude upnut ve svěráku a jako chlazení bude použita řezná kapalina.

Po dokončení frézovacích operací bude obrobek přesunut na CNC frézku VMC 560, kde budou vyvrtány díry o průměrech 1,9 mm, 5 mm a 7,3 mm (díra pro závit M8x0,75). Řezné rychlosti pro vrtáky z rychlořezných ocelí. Pro ně je vhodná řezná rychlost 70 m.min⁻¹. Pro průměr $D=1,9$ mm se musí vzít na ohled poměr vrtané hloubky a průměru díry. Jelikož tento poměr nabývá hodnoty větší než je 6, je potřeba snížit řezné podmínky o 20–40%. Při takto malém průměru se přikloníme k nižší řezné rychlosti a posuvu na otáčku.

Po dokončení vrtacích operací se pomocí závitového cyklu zhotoví také závit. Jako nástroj poslouží závitník z rychlořezné oceli.

Následovat bude konečná úprava a kontrola.

Tab. 6.14 Technologický postup sériové výroby součásti topné těleso.

č. op.	stroj	popis	nástroj
1	pásová pila	řezat na rozměr 24x15x10 mm	
2	FNG 32	frézovat obvod hotově	čelní fréza Ø16 mm ($z=3$)
3	VMC 560	vrtat díry skrz řezat závit M8x0,75	vrták Ø1,9 mm vrták Ø5 mm vrták Ø7,3mm závitník M8x0,75- HSS
4	kontrola		

Chladič

Pro sériovou výrobu nemá smysl měnit technologie. Zejména z finančních důvodů, kdy výroba na zámečnickém pracovišti vychází levněji, než na kterémkoliv jiném.

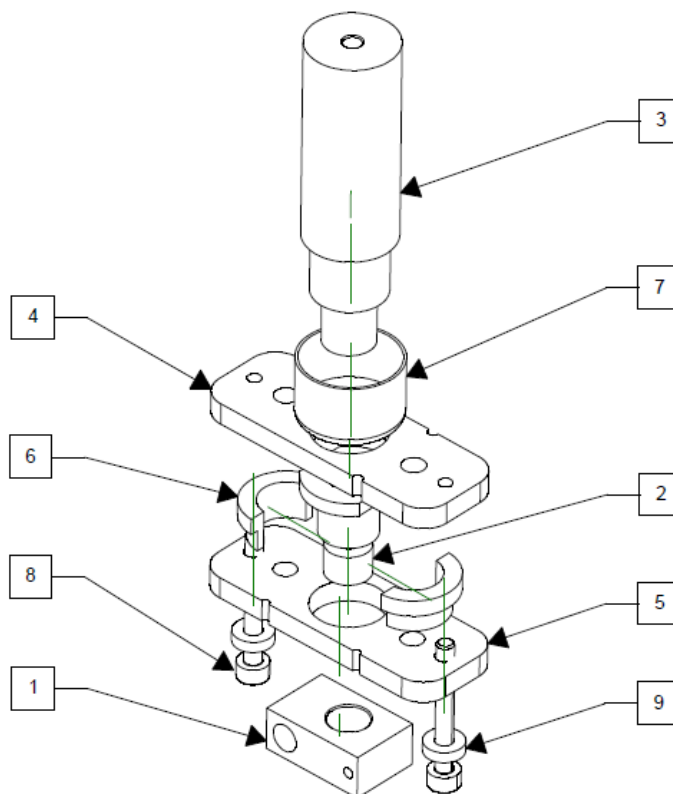
7 MONTÁŽNÍ POSTUP

Jako první operací bude nasazení izolace trysky na trysku a to na průměr 10 mm. Dále se tyto části nasunou do svorky trysky (průměr 13 mm). Na trysku bude připojeno topné těleso pomocí závitů M8x0,75 a dotaženo (klíč 13 mm) tak, aby topné těleso zaujímalo polohu dle výkresu.

Na izolaci extruderu bude nasazen měděný chladič a svorka izolace (průměr 13 mm). Do svorky izolace se vloží šrouby M4 s vnitřním šestihranem, tak aby směřovaly směrem vzhůru. Celý tento celek bude vsunut do trysky (průměr 8 mm). Následovat bude spojení svorky trysky a svorky izolace pomocí šroubů a podložek M3, kde musí být svorka izolace v poloze dle výkresu.

Tab. 7.1 Montážní postup.

1	nasadit izolaci trysky [6] na trysku [2]	
2	vložit izolaci trysky[6] společně s tryskou [2] do svorky trysky [5]	
3	našroubovat topné těleso [1] na trysku [2]	klíč 13 mm
4	izolaci extruderu [3] vsunout do chladiče [7]	
5	izolaci extruderu [3] vsunout do svorky izolace [4]	
6	vsunout šrouby M4 do děr Ø4,2 mm svorky izolace [4]	
7	izolaci extruderu [3] vsunout do trysky [2]	
8	sešroubovat svorku trysky [5] se svorkou izolace [4] pomocí šroubů M3 [8] a teflonových podložek M3 [9]	Imbusový klíč 3 mm



Obr. 23 Montážní schéma

8 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Kalkulace ceny

Pod tímto pojmem si můžeme představit shrnutí všech nákladů, které bylo potřeba vynaložit na výrobu dané součásti nebo celku. Pro určení ceny se používá kalkulační vzorec.

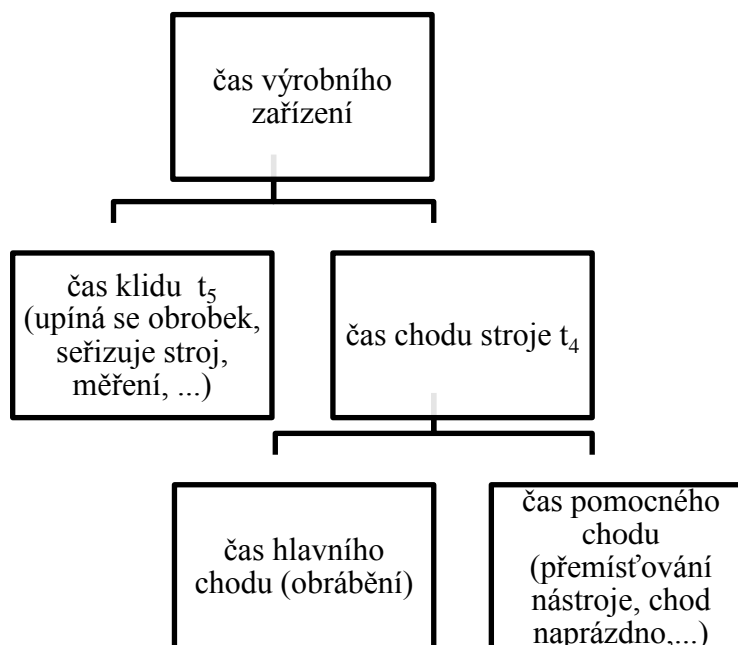
Kalkulační vzorec:

$$\begin{array}{r}
 1. \text{Přímý materiál} \\
 2. \text{Přímé mzdy} \\
 3. \text{Ostatní přímé náklady} \\
 4. \text{Výrobní režie} \\
 5. \text{Správní režie} \\
 6. \text{Odbytová režie} \\
 \hline
 7. \text{Zisk} \\
 \hline
 \text{Cena}
 \end{array}$$

V dané firmě se využívá zjednodušené formy a to takové, že do vzorce vstupují náklady na materiál, zisk a cena za hodinu práce (na stroji nebo ručním pracovišti). Tato cena za hodinu práce je nastavena tak, že pokrývá zbylé položky kalkulačního vzorce, tedy náklady na nástroje, skladování a ostatní režie.

Nejtěžší při kalkulaci je tedy stanovit čas, jak dlouho se bude součást vyrábět. Pokud bude čas špatně odhadnutý, bude to znamenat špatné spočítání ceny. Jestliže bude cena příliš vysoká je pravděpodobné, že se výrobek nedostane do výroby a naopak jestliže bude cena příliš nízká, nebude výrobek rentabilní.

Pro tuto kalkulaci se tedy bude vycházet ze spotřeby času z hlediska výrobního zařízení.



Obr. 24 Schéma času výrobního zařízení [20]

Čas klidu t_5 se s přesností nedá stanovit. Dá se pouze odhadnout na základě zkušeností. S daleko větší přesností se dá stanovit čas chodu stroje, kde pomocí strojního času t_{AS} , můžeme stanovit čas hlavního obrábění. Čas pomocného chodu můžeme brát stejnou hodnotu, protože nástroj musí urazit stejnou trasu a vrátit se do výchozí pozice.

Ceny materiálů**Teflon:**

Ø20 mm x 300 mm

410 Kč

Ø10 mm x 500 mm

160 Kč [21]

Ocel 11 375:

Plochá tyč 60 x 6 x 1000 mm

52,35 Kč [22]

Plochá tyč tažená za studena 25 x 4 x 1000 mm

40,19 Kč [23]

Mosaz Ms 58:

Ø20 x 1000 mm

486 Kč [24]

Hliníková slitina AlCu4Mg1Mn1:

25 x 15 x 1000 mm

182,88 Kč [25]

Měděné víčko:

Víčko Ø18 mm

14,90 Kč [26]

Výpočet ceny

Čas chodu stroje:

Musíme zde uvažovat také chod na prázdnou, a proto budeme uvažovat stejnou dobu chodu na prázdnou jako strojní čas.

$$t_4 = 2 \cdot t_{AS} \text{ [min]}$$

 t_4 - čas chodu stroje t_{AS} - strojní čas

Součet časů:

$$t_{mA} = t_4 + t_5 \text{ [min]}$$

 t_{mA} - čas výrobního zařízení t_5 - čas klidu [min]

Náklady na provoz stroje:

$$N_m = \frac{t_{mA}}{60} \cdot P_H \text{ [Kč]}$$

 N_m - náklady na provoz pracoviště [Kč] P_H -hodinová sazba stroje [Kč]

Náklady na výrobu:

$$N = N_p + \sum N_m \quad [\text{Kč}]$$

N-náklady na výrobu součásti [Kč]

N_p - náklady na polotovar [Kč]

$\sum N_m$ - součet nákladů na provoz pracovišť, kde je součástka obráběna [Kč]

Zisk:

Pokud budeme uvažovat zisk 10%, pak se vypočítá:

$$Z = 0,1 \cdot N \quad [\text{Kč}]$$

Z-čistý zisk z výroby [Kč]

Cena obrobené součásti:

$$P = N + Z \quad [\text{Kč}]$$

P-cena obrobené součásti [Kč]

Izolace extruderu

Tab. 8.1 Kalkulace ceny kusové výroby pro součást izolace extruderu.

Náklady na polotovar	N_p	[Kč]	62,93
Hodinová sazba pracoviště	P_H	[Kč]	300
Čas chodu stroje	t_4	[min]	5,84
Čas klidu	t_5	[min]	15
Čas výrobního zařízení	t_{mA}	[min]	20,84
Náklady na provoz pracoviště	N_m	[Kč]	104,2
Náklady na výrobu součásti	N	[Kč]	167,13
Zisk	Z	[Kč]	16,71
Celková cena	P	[Kč]	183,84

Veškeré operace se budou provádět na soustružnickém pracovišti na stroji SV 18R pomocí nástrojů z rychlořezné oceli. Do času klidu stroje je započítána příprava celého pracoviště, příprava stroje a nástrojů. Dále je zde započítáno kontrolní měření během operací, otáčení obráběného kusu ve vřetenu a následný úklid. Celková cena vyrobené součásti je tedy 183,84 Kč bez DPH.

Izolace trysky

Tab. 8.2 Kalkulace ceny kusové výroby pro součást izolace trysky.

Náklady na polotovár	N_p	[Kč]	13,67	
stroj			SV 18R	FNGJ 40
Hodinová sazba pracoviště	P_H	[Kč]	300	320
Čas chodu stroje	t_4	[min]	0,9	0,8
Čas klidu	t_5	[min]	15	15
Čas výrobního zařízení	t_{mA}	[min]	15,9	15,8
Náklady na provoz pracoviště	N_m	[Kč]	79,5	84,27
Náklady na výrobu součásti	N	[Kč]	163,77	
Zisk	Z	[Kč]	16,38	
Celková cena	P	[Kč]	180,15	

Stejně jako minulá součást se i tato bude obrábět na stejném pracovišti. Čas klidu stroje se nebude nijak výrazně lišit, protože doba přípravy pracoviště včetně nástrojů a potřebných úkonů bude přibližně stejná.

Celková cena vyrobené součástky bude 180,15 Kč bez DPH.

Podložka M3

Tab. 8.3 Kalkulace ceny kusové výroby pro součást podložka M3.

Náklady na polotovár	N_p	[Kč]	1,92
Hodinová sazba pracoviště	P_H	[Kč]	300
Čas chodu stroje	t_4	[min]	0,24
Čas klidu	t_5	[min]	12
Čas výrobního zařízení	t_{mA}	[min]	12,48
Náklady na provoz pracoviště	N_m	[Kč]	62,4
Náklady na výrobu součásti	N	[Kč]	64,32
Zisk	Z	[Kč]	6,43
Celková cena	P	[Kč]	70,75

Také tato součást se bude obrábět na stejném pracovišti. Čas klidu stroje se dá stanovit na 12 minut. Jelikož zde není potřeba tolika nástrojů.

Celková cena jedné vyrobené součásti činí 70,75 Kč bez DPH. Do celkové ceny sestavy bude však potřeba dva kusy.

Svorka izolace

Tab. 8.4 Kalkulace ceny kusové výroby pro součást svorka izolace.

Náklady na polotovár	N_p	[Kč]	1,31	
Stroj			FGNJ 40	VS20A
Hodinová sazba pracoviště	P_H	[Kč]	320	250
Čas chodu stroje	t_4	[min]	6,5	1,8
Čas klidu	t_5	[min]	30	20
Čas výrobního zařízení	t_{mA}	[min]	36,5	21,8
Náklady na provoz pracoviště	N_m	[Kč]	194,67	90,83
Náklady na výrobu součásti	N	[Kč]	285,5	
Zisk	Z	[Kč]	28,55	
Celková cena	P	[Kč]	314,05	

Obrábění této součásti se bude provádět na dvou pracovištích. První operace na obrobení obvodu součásti se provedou na svislé konzolové frézce FGNJ 40. Do času klidu (na frézarském pracovišti) se bude započítávat příprava stroje (přichystání upínání, nástroje, nastavení řezných podmínek,...), proto byl čas stanoven na hodnotu 30 minut. Pro zámečnické pracoviště byl tento čas stanoven na 20 minut, kde nejvíce času zřejmě zabere orýsování součásti.

Celková cena výrobku tedy bude činit 314,05 Kč bez DPH.

Svorka trysky

Tab. 8.5 Kalkulace ceny kusové výroby pro součást svorka trysky.

Náklady na polotovár	N_p	[Kč]	1,31	
Stroj			FGNJ 40	VS20A
Hodinová sazba pracoviště	P_H	[Kč]	320	250
Čas chodu stroje	t_4	[min]	7,04	0,32
Čas klidu	t_5	[min]	30	20
Čas výrobního zařízení	t_{mA}	[min]	37,04	20,32
Náklady na provoz pracoviště	N_m	[Kč]	197,55	84,67
Náklady na výrobu součásti	N	[Kč]	282,22	
Zisk	Z	[Kč]	28,22	
Celková cena	P	[Kč]	310,44	

Výroba této součásti je téměř totožná s výrobou svorky izolace. Proto i použité času klidu jsou stejné.

Vyrobená součást bude stát 310,44 Kč bez DPH.

Tryska:

Tab. 8.6 Kalkulace ceny kusové výroby pro součást tryska.

Náklady na polotovár	N_p	[Kč]	12,64		
Stroj			SV 18R	FGNJ 40	Zámečníci
Hodinová sazba pracoviště	P_H	[Kč]	300	320	250
Čas chodu stroje	t_4	[min]	2,7	3,56	2,4
Čas klidu	t_5	[min]	50	20	5
Čas výrobního zařízení	t_{mA}	[min]	52,7	23,56	7,4
Náklady na provoz pracoviště	N_m	[Kč]	263,5	125,65	30,83
Náklady na výrobu součásti	N	[Kč]	419,98		
Zisk	Z	[Kč]	42		
Celková cena	P	[Kč]	461,98		

Součást se bude vyrábět na 3 pracovištích. Prvním pracovištěm bude soustruh SV 18R. Čas klidu tohoto pracoviště je stanoven na 50 minut. Je to z důvodu použití velkého množství nástrojů a obráběných ploch, které se budou v průběhu výroby kontrolovat.

Dalším pracovištěm je svislá konzolová frézka, kde bude provedeno zploštění. Jelikož je zde použit pouze jeden nástroj, tak čas klidu je stanoven na 20 minut.

Posledním pracovištěm je zámečnické pracoviště, kde bude vyřezán závit. Čas klidu je stanoven na 5 minut, jelikož stačí nachystat pouze nástroj a upnout kus.

Celková cena trysky je tedy stanovena na hodnotu 461,98 Kč bez DPH.

Topné těleso

Tab. 8.7 Kalkulace ceny kusové výroby pro součást topné těleso.

Náklady na polotovár	N_p	[Kč]	2,93	
Stroj			FGNJ 40	VS20A
Hodinová sazba pracoviště	P_H	[Kč]	320	250
Čas chodu stroje	t_4	[min]	0,72	2,88
Čas klidu	t_5	[min]	25	15
Čas výrobního zařízení	t_{mA}	[min]	25,72	17,88
Náklady na provoz pracoviště	N_m	[Kč]	137,17	74,5
Náklady na výrobu součásti	N	[Kč]	211,67	
Zisk	Z	[Kč]	21,12	
Celková cena	P	[Kč]	232,79	

Topné těleso bude obráběno na dvou pracovištích, kde prvním bude frézařské pracoviště, kde bude zhotoven tvar součásti. Čas klidu je stanoven na hodnotě 25 minut, jelikož bude použit pouze jeden nástroj.

Na zámečnickém pracovišti se budou vrtat díry a řezat závity. Čas klidu je stanoven na 25 minut, jelikož se musí součást orýsovat a přichystat pracoviště včetně sloupové vrtačky a nástrojů.

Celková cena této součásti je 232,79 Kč bez DPH.

Měděný chladič

Tab. 8.8 Kalkulace ceny kusové výroby pro součást měděný chladič.

Náklady na polotovár	N_p	[Kč]	14,9
Hodinová sazba pracoviště	P_H	[Kč]	250
Čas chodu stroje	t_4	[min]	0,24
Čas klidu	t_5	[min]	10
Čas výrobního zařízení	t_{mA}	[min]	10,24
Náklady na provoz pracoviště	N_m	[Kč]	42,67
Náklady na výrobu součásti	N	[Kč]	57,57
Zisk	Z	[Kč]	5,76
Celková cena	P	[Kč]	63,33

Tato součást se bude obrábět pouze na zámečnickém pracovišti. Čas klidu je stanoven na hodnotě 10 minut.

Celková cena součásti je 63,33 Kč bez DPH.

Do celkové ceny budou započítány všechny vyrobené součásti (podložka M3 dvakrát).

Celková cena celé sestavy při sériové výrobě v daných podmínkách soukromé firmy bude:

$$P_c = 183,84 + 180,15 + 70,75 + 314,05 + 310,44 + 461,98 + 232,79 + 63,33 \\ = \underline{\underline{1817,33 \text{ Kč (bez DPH)}}}$$

Do ceny není ovšem započítáno řezání materiálu a montáž. V tomto případě se nabízí možnost objednání si polotovaru přímo na míru, zejména u materiálů, se kterými se často nepracuje, a zbytečně by byly na skladě. Také se nepočítá s cenami dopravy. To ovšem cenu posune ještě vzhůru.

Sériová výroba

Objem výroby pro sériovou výrobu je zvolen 100 ks. Na její výrobu budou použity ve většině případů CNC obráběcí stroje a budou také použity jiné nástroje, které jsou k dispozici pro tyto stroje. Dále budou také použity jiné polotovary, které běžně nejsou na skladě, ale vyplatí se pro tuto výrobu.

Izolace extruderu

Tab. 8.9 Kalkulace ceny sériové výroby pro součást izolace extruderu.

Náklady na materiál	N_p	[Kč]	5625
Hodinová sazba pracoviště	P_H	[Kč]	700
Čas chodu stroje	t_4	[min]	2,96
Čas klidu	t_5	[min]	98
Čas výrobního zařízení	t_{mA}	[min]	3,94
Náklady na provoz pracoviště	N_m	[Kč]	45,97
Náklady na výrobu součásti	N	[Kč]	102,22
Zisk	Z	[Kč]	10,22
Celková cena	P	[Kč]	112,44

Jelikož jako polotovary bude sloužit teflonová tyč o průměru 16 mm, která se dá koupit v délkách 300 mm, bude potřeba pro výrobu série 25 tyčí o této délce. Jako alternativa by bylo možné použít tyč o průměru 20 mm a délce 1000 mm, ale cena těchto polotovarů by byla vyšší a musel by se také obrábět průměr 16 mm, proto se přikláníme k variantě menšího průměru a kratší délky.

V čase klidu bude započítána příprava stroje včetně nástrojů a to časem 45 minut. Dále do tohoto času bude započítána výměna jednotlivých kusů a to časem 20 sekund na kus a 20 minut na další prodlevy ve výrobě (měření kusů, výměna břitových destiček,...).

Izolace trysky

Tab. 8.10 Kalkulace ceny sériové výroby pro součást izolace trysky.

Náklady na materiál	N_p	[Kč]	900	
Stroj			CNC soustruh	FGNJ 40
Hodinová sazba pracoviště	P_H	[Kč]	700	320
Čas chodu stroje	t_4	[min]	0,52	0,4
Čas klidu	t_5	[min]	78	68
Čas výrobního zařízení	t_{mA}	[min]	1,3	1,08
Náklady na provoz pracoviště	N_m	[Kč]	15,17	5,76
Náklady na výrobu součásti	N	[Kč]	29,93	
Zisk	Z	[Kč]	3	
Celková cena	P	[Kč]	32,93	

Stejně jako v minulém případě je možné použít stejné tyče. Pro tento případ jich budou potřeba 4 tyče.

Zde budou použity pouze dva nástroje, proto délka času klidu stroje pro pracoviště CNC soustruhu Goodway nemusí být příliš dlouhá. Bude se tady uvažovat na přípravu stroje včetně nástrojů 30 minut, na výměnu kusu 20 sekund na kus a 15 minut na další ztráty.

Čas klidu frézarského pracoviště obsahuje přichystání stroje včetně upínání (svěrák upnutý na stole) a nástroje 15 minut, výměna kusů 20 sekund na kus a další prodlevy 20 minut.

Podložka M3

Tab. 8.11 Kalkulace ceny sériové výroby pro součást podložka M3.

Náklady na materiál	N_p	[Kč]	480
Hodinová sazba pracoviště	P_H	[Kč]	700
Čas chodu stroje	t_4	[min]	0,18
Čas klidu	t_5	[min]	106
Čas výrobního zařízení	t_{mA}	[min]	1,42
Náklady na provoz pracoviště	N_m	[Kč]	16,57
Náklady na výrobu součásti	N	[Kč]	21,37
Zisk	Z	[Kč]	2,14
Celková cena	P	[Kč]	23,51

Jelikož nejmenší možný průměr, ze kterého se dá daná součást vyrobit, je 10 mm, tak budou použity tyče tohoto průměru a délky 1000 mm. Na zhotovení požadovaných 200 kusů bude zapotřebí 1 tyč o délce 1000 mm a jedna o délce 500 mm

V tomto čase bude započítána příprava stroje, nástrojů a pracoviště 20 minut, vytažení hotového výrobku a upnutí polotovaru 20 sekund na jeden kus a další prodlevy 20 minut.

Protože je potřeba na sestavu použít 2 kusy těchto podložek je ve vzorci celkový čas stroje vynásoben dvěma, aby byla dosažena cena pro jednu sestavu.

Svorka izolace:

Tab. 8.12 Kalkulace ceny sériové výroby pro součást svorka izolace.

Náklady na materiál	N_p	[Kč]	281,33		
Stroj			pila2	FGNJ 40	VMC 560
Hodinová sazba pracoviště	P_H	[Kč]	250	320	750
Čas chodu stroje	t_4	[min]	0,66	2,48	0,38
Čas klidu	t_5	[min]	136	235	115
Čas výrobního zařízení	t_{mA}	[min]	2,02	4,83	1,53
Náklady na provoz pracoviště	N_m	[Kč]	8,41	25,76	19,13
Náklady na výrobu součásti	N	[Kč]	56,11		
Zisk	Z	[Kč]	5,61		
Celková cena	P	[Kč]	61,72		

Zde se bude jednat z důvodu ušetření nákladů o ocel taženou za studena o tloušťce 25 mm a síle 4 mm, kde se již nebude obrábět síla. Na výrobu 100 kusů bude potřeba zakoupení 7 m této tyče

Čas klidu pro výpočet ceny na pásové pile bude zahrnovat manipulaci s tyčemi, přípravu pracoviště a stroje 40 minut, odebrání a nastavení dalšího kusu 30 sekund na kus a čas další prodlevy 30 minut.

Do času klidu frézarského pracoviště bude započítán čas na přípravu pracoviště a nástrojů 15 minut, čas na otáčení a výměnu kusů 120 sekund na kus a čas dalších prodlev 20 minut.

Do času klidu pracoviště VMC 560 je započítán čas na přípravu stroje a nástrojů 30 minut, čas na výměnu kusů 30 sekund na kus a čas dalších prodlev 20 minut.

Svorka trysky

Tab. 8.13 Kalkulace ceny sériové výroby pro součást svorka trysky.

Náklady na materiál	N_p	[Kč]	281,33		
Stroj			pila2	FGNJ 40	VMC 560
Hodinová sazba pracoviště	P_H	[Kč]	250	320	750
Čas chodu stroje	t_4	[min]	0,66	3,02	0,18
Čas klidu	t_5	[min]	136	268	105
Čas výrobního zařízení	t_{mA}	[min]	2,02	5,7	1,23
Náklady na provoz pracoviště	N_m	[Kč]	8,41	30,4	15,38
Náklady na výrobu součásti	N	[Kč]	57		
Zisk	Z	[Kč]	5,7		
Celková cena	P	[Kč]	62,7		

Jako v minulém případě bude i zde z důvodu ušetření nákladů použita ocel tažená za studena o tloušťce 25 mm a síle 4 mm. Na výrobu 100 kusů bude potřeba zakoupení 7 m této tyče.

Čas klidu při řezání materiálu bude zahrnovat manipulaci s tyčemi, přípravu pracoviště a stroje 40 minut, odebrání a nastavení dalšího kusu 30 sekund a čas další prodlevy 30 minut.

Do času klidu frézarského pracoviště bude započítán čas na přípravu pracoviště a nástrojů 15 minut, čas na otáčení a výměnu kusů 140 sekund (bude se víckrát otáčet oproti minulému kusu) a čas dalších prodlev 20 minut.

Do času klidu pracoviště VMC 560 je započítán čas na přípravu stroje a nástrojů 35 minut, čas na výměnu kusů 30 sekund a čas dalších prodlev 20 minut.

Tryska

Tab. 8.14 Kalkulace ceny sériové výroby pro součást tryska.

Náklady na materiál	N _p	[Kč]	1458	
Stroj			CNC soustruh	FGNJ 40
Hodinová sazba pracoviště	PH	[Kč]	700	320
Čas chodu stroje	t ₄	[min]	1,88	5,06
Čas klidu	t ₅	[min]	203	90
Čas výrobního zařízení	t _{mA}	[min]	3,91	5,96
Náklady na provoz pracoviště	N _m	[Kč]	45,62	31,79
Náklady na výrobu součásti	N	[Kč]	91,99	
Zisk	Z	[Kč]	9,2	
Celková cena	P	[Kč]	101,19	

Jako polotovary budou použity mosazné tyče (Ms 58) o průměru 20 mm a při délce polotovaru 26 mm bude potřeba tyč o délce 3 m.

Do času klidu pracoviště CNC soustruhu bude započítán čas na přípravu stroje a nástrojů 1,5 hodiny, výměnu kusů a otáčení kusů 50 sekund na kus a čas dalších prodlev 30 minut.

Do času klidu frézarského pracoviště je započítán čas na přípravu stroje a nástrojů 20 minut (včetně upnutí univerzálního sklíčidla na stůl), čas na výměnu kusů 30 sekund na kus a čas dalších prodlev 20 minut.

Topné těleso

Tab. 8.15 Kalkulace ceny sériové výroby pro součást topné těleso.

Náklady na materiál	N _p	[Kč]	292,68		
Stroj			Pila	FGNJ 40	VMC 560
Hodinová sazba pracoviště	P _H	[Kč]	250	320	750
Čas chodu stroje	t ₄	[min]	0,5	0,94	1,4
Čas klidu	t ₅	[min]	105	235	146
Čas výrobního zařízení	t _{mA}	[min]	1,55	3,29	2,86
Náklady na provoz pracoviště	N _m	[Kč]	6,46	17,54	35,75
Náklady na výrobu součásti	N	[Kč]	62,68		
Zisk	Z	[Kč]	6,27		
Celková cena	P	[Kč]	68,95		

Jako materiál bude použita hliníková slitina AlCu4Mg1Mn1v podobě tyče o rozměrech 25 x 12 mm a délkou polotovaru 17 mm. Na to bude potřeba koupit tyč o délce 2 m.

Čas klidu při řezání materiálu bude zahrnovat manipulaci s tyčemi, přípravu pracoviště a stroje 25 minut, odebrání a nastavení dalšího kusu 30 sekund na kus a čas další prodlevy 30 minut.

Do času klidu frézarského pracoviště bude započítán čas na přípravu pracoviště a nástroje 15 minut, čas na otáčení kusů 2 minuty na kus a čas na další prodlevy 20 minut.

Čas klidu pracoviště VMC 560 zahrnuje přípravu stroje a nástrojů 50 minut, otáčení kusů a výměnu 40 sekund na jeden kus a další časové prodlevy 30 minut.

Měděný chladič

Tab. 8.16 Kalkulace ceny sériové výroby pro součást měděný chladič.

Náklady na materiál	N_p	[Kč]	14,9
Hodinová sazba pracoviště	P_H	[Kč]	250
Čas chodu stroje	t_4	[min]	0,24
Čas klidu	t_5	[min]	80
Čas výrobního zařízení	t_{mA}	[min]	1,04
Náklady na provoz pracoviště	N_m	[Kč]	4,33
Náklady na výrobu součásti	N	[Kč]	19,23
Zisk	Z	[Kč]	1,92
Celková cena	P	[Kč]	21,15

V čase klidu bude započítán čas na přípravu pracoviště, stroje a nástroje 15 minut, čas na výměnu kusů 30 sekund na kus a časové prodlevy 15 minut.

Celková výrobní cena pro danou sestavu činí:

$$P_c = 112,44 + 32,93 + 23,51 + 61,72 + 62,7 + 101,19 + 68,95 + 21,15 =$$

484,59Kč (bez DPH)

V ceně nejsou započínány náklady na dopravu materiálů daň s předané hodnoty.

Pokud by měl zákazník zájem bylo by možné dodávat sestavu již smontovanou, což by ale znamenalo další zvýšení výrobních nákladů.

ZÁVĚR

Na základě vypracovaných technologických postupů pro kusovou a sériovou výrobu je možné stanovit orientační cenu jednoho výrobku, za kterou by konkrétní společnost mohla sestavu vyrobit. Z vypočítaných hodnot u kusové výroby je patrné, že i při použití klasických strojů a nástrojů z rychlořezné oceli – tedy levnější varianta, je cena daleko vyšší než u sériové výroby. Největší část ceny je zde totiž zastoupena přípravou pracoviště a nástrojů. Tento náklad (na čas klidu stroje) je však možné při sériové výrobě rozpočítat na všechny kusy, čímž celá cena výrazně klesne a to i za použití CNC obráběcích strojů, kde hodinová sazba je daleko vyšší. Pro výrobu daných 100 kusů je cena téměř čtvrtinová.

Tuto kalkulaci nelze však považovat jako důvod pro započetí výroby na sklad. Pro to, aby bylo možné začít výrobu, by musel být nejdříve proveden průzkum trhu, zda by byl o výrobek zájem. Jestliže by marketingový průzkum prokázal, že by výroba byla lukrativní pro danou společnost, musely by se k výrobní ceně připočítat náklady na skladování, marketing a distribuci, což by znamenalo další zvýšení ceny.

Pro porovnání se nabízí konstrukčně jednodušší výrobek, který však lze považovat za substitut (dostupný na internetu), s cenou asi 35 eur (v přepočtu asi 875 Kč). Z toho je patrné, že společnost by mohla navýšit zisk z původně uvažovaných 10% výrobních nákladů na skoro 100%.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Všeobecné soustružení: Vysvětlení pojmů. In: *Www.sandvik.coromant.com* [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/technical_guide/general_turning/formulas_and_definitions/definition_of_terms/pages/default.aspx
2. Frézování rovinných ploch: Frézování rovinných ploch válcovými čelními frézami. In: *Zozei.sos-soubrno.cz: Za odbornými znalostmi evropsky a interaktivně* [online]. [cit. 2012-05-19]. Dostupné z: <http://zozei.sos-soubrno.cz/frezovani-rovinnych-ploch/>
3. Frézoavání: Výpočtové vztahy. SADVIK COROMANT. *Sadvik coromant* [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/technical_guide/milling/formulas_and_definitions/formulas/pages/default.aspx
- ..
4. KOCMAN, Karel. *Technologie obrábění*. 2. vyd. Brno: CERM, 2005, 270 s. ISBN 80-214-3068-0
5. Vrtání: Výklad pojmů v oblasti vrtání. *Sandvik coromant* [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/technical_guide/drilling/formulas_and_definitions/drilling_definitions/pages/default.aspx
6. Návod na obrábění technických plastů. *Hansanet: Řempe na internetu* [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.rempo.cz/clanek/35/Navod-na-obrabeni-technickych-plastu.aspx>
7. Co znamená Rapid Prototyping. *Http://robo.hyperlink.cz* [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://robo.hyperlink.cz/rapid/index.html>
8. Nekonenční metody obrábění 10. díl: Fused Deposition Modeling (FDM). *MM Průmyslové spektrum* [online]. Praha: SEND Předplatné s.r.o, 2008, č. 12 [cit. 2012-05-20]. ISSN 1212-2572. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/nekonecni-metody-obrabeni-10-dil.html>
9. ROZLOŽENÍ TEPLITNÍHO POLE V FDM TISKOVÉ HLAVĚ: TISKOVÁ HLAVA. In: *Consulting point* [online]. 2012 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: ROZLOŽENÍ TEPLITNÍHO POLE V FDM TISKOVÉ HLAVĚ
10. *Encyklopedie hliníku*. Děčín: Alcan Děčín Extrusions, 2005, 1 elektronický optický disk (CD-ROM). ISBN 80-890-4188-4.
11. PTÁČEK, Luděk. *Nauka o materiálu*. 2. opr. a rozš. vyd. Brno: CERM, 2002, 392 s. ISBN 80-7204-248-32.

12. Mosaz. *Metal centrum* [online]. 2012 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.metal-centrum.cz/clanek/mosaz/>
13. Mosaz: Tyče. *Feropol* [online]. 2012 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.feropol.cz/cz/product/mosaz-tyce/15/14/>
14. Mosaz. Ing. Petr Litomyský [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.litomysky.cz/mat/ms.htm>
15. Přehled technických plastů. *Ferona thyssen plastic* [online]. 2010 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: http://www.feronathyssen.cz/cms_dokumenty/ftp-prehled-technickych-plastu.pdf
16. NÁVOD NA OBRÁBĚNÍ POLOTOVARŮ TECHNICKÝCH PLASTŮ. *EPP plasty, a.s.* [online]. 2011 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.eppplasty.cz/obrabeni.htm>
17. Fyzikální vlastnosti. *EPP plasty, a.s.* [online]. 2011 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.eppplasty.cz/pdf/PTFE.pdf>
18. Sortimentní katalog. *Ferona a.s.* [online]. 2012 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: http://www.ferona.cz/cze/katalog/mat_normy.php
19. Katalog pásové oceli válcované za studena. *ArcelorMittal Frýdek-Místek a.s.: závod Válcovna za studena* [online]. [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: http://www.valcovna-nh.cz/download/cz/katalog_cz.pdf
20. ZEMČÍK, Oskar. *Technologická příprava výroby*. Brno: Akademické nakladatelství CERM s.r.o., 2002, 158 s. ISBN 80-214-2219-X.
21. PTFE - Teflon (Flexon) tyče. *Hansanet, s.r.o.* [online]. 2012 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.rempo.cz/oddeleni/54/Teflon-Flexon-tyce.aspx>
22. Služby a ceník. *Feromat* [online]. 2011 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: http://www.feromat.cz/sites/default/files/ceniky/FEROMAT_HUTNI.pdf
23. Pásová a plochá ocel: Ocel plochá. *Kondor s.r.o.* [online]. 2011 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.kondor.cz/plocha-ocel-25x4-tazena/d-77863-c-1586/>

24. Ing. Petr Litomyský [online]. 2011 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.litomysky.cz/>
25. Aluminium Alloy / Slitiny hliníku: Rods / Tyče. *Evektor* [online]. 2012 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://shop.evektor.cz/zbozi/4442/4HR-80--Z-42-4202-61--CSN-42-7520-22.htm>
26. Čepička (víčko) 18 s koncem na vnitřní pájení. *PEM trade, s.r.o.* [online]. 2012 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.pemtrade.cz/sanha-5301-cepicka-vicko-18-s-koncem-na-vnitрни-pajeni-1/>
27. Řezné podmínky. *LEGNEX* [online]. 2011 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.legnex.cz/rezne-podminky,85.html>
28. Katalogy a letáky - Obrábění: Katalogy - Obrábění. *Pramet Tools s.r.o.* [online]. 2012 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.pramet.com/indexc1b6.html>
29. Řezné podmínky nástrojů. *Tumlikovo* [online]. 2010 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/rubriky/rezne-podminky-nastroju/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
DMLS	[-]	Direct Metal Laser Sintering
FDM	[-]	Fused deposition modeling
HB	[-]	tvrdost dle Brinella
HSS	[-]	High speed steel
LOM	[-]	Laminated Object Manufacturing
MJM	[-]	Multi Jet Modeling
SGC	[-]	Solid Ground Cutting
SK	[-]	slinutý karbid
SL	[-]	Stereolitografie
SLS	[-]	Selective Laser Sintering

Symbol	Jednotka	Popis
D	[mm]	průměr
L	[mm]	Dráha nástroje
R_e	[Mpa]	Mez kluzu
R_m	[Mpa]	Pevnost v tahu
a_p	[mm]	Šířka záběru ostří
f	[mm]	Posuv na otáčku
f_z	[mm]	Posuv na zub
l	[mm]	Délka obráběné části
l_n	[mm]	Délka náběhu
l_p	[mm]	délka přeběhu
n	[min ⁻¹]	otáčky
t_{AS}	[min]	Strojní čas
v_c	[m.min ⁻¹]	řezná rychlost
v_e	[μm]	Rychlost řezného pohybu

v_f	[mm.min⁻¹]	Posuvová rychlost
z	[-]	Počet zubů frézy

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Výkresová dokumentace

Příloha 2 Technologické postupy kusové a sériové výroby

